MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES

DE

ST.-PÉTERSBOURG.

VI^e^ SÉRIE.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

TOME VII^e^ ET DERNIER.

I. Akad. nauk

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES

DE

SAINT-PÉTERSBOURG.

SIXIÈME SÉRIE.

SCIENCES MATHÉMATIQUES, PHYSIQUES ET NATURELLES.

TOME IX.

PREMIÈRE PARTIE:

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

TOME VII^e^ ET DERNIER.

SAINT-PÉTERSBOURG.

IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES.

1859.

En vente chez MM. Eggers et Comp., libraires, Commissionnaires de l'Académie, et à Leipzig chez M. Léopold Voss.

Prix: 9 Roubl. arg. = 10 Thlr.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES

DE

SAINT-PÉTERSBOURG.

SIXIÈME SÉRIE.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

TOME VII^e^ ET DERNIER.

Avec 37 Planches, une Table des matières et une Liste alphabétique des auteurs pour tous les volumes.

SAINT-PÉTERSBOURG.

IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES.

1859.

En vente chez MM. Eggers et Comp., libraires, Commissionnaires de l'Académie, et à Leipzig chez M. Léopold Voss.

Prix: 9 Roubl. arg. = 10 Thlr.

AS 262
.S17

Imprimé par ordre de l'Académie.

C. Vesselovsky,
Secrétaire perpétuel.

Le 15 déc 1858

TABLE DES MATIÈRES.

Page

Vergleichende chemische Untersuchungen der Wasser des caspischen Meeres, Urmia- und Van-See's, von H. Abich. (Avec 2 Planches) 1

Ueber das Steinsalz und seine geologische Stellung im russischen Armenien, von H. Abich. (Avec 11 Planches) 59

Développements analytiques pour servir à compléter la théorie des Maxima et des Minima des fonctions à plusieurs variables indépendantes, par V. Bouniakowsky 151

Ueber den russischen Phenakit, von A. v. Kokscharow. (Avec 5 Planches) 175

Sur les questions de Minima qui se rattachent à la représentation approximative des fonctions, par P. Tchébychev 199

Geognostische Bemerkungen auf einer Reise in Schweden und Norwegen, von G. v. Helmersen. (Avec 3 Planches) 293

Вѣковыя возмущенія семи большихъ планетъ. Д. М. Перевощикова 337

Vergleichende Grundzüge der Geologie des Kaukasus, wie der armenischen und nordpersischen Gebirge, von H. Abich. (Avec 8 Planches) 359

Beiträge zur Paläontologie des asiatischen Russlands, von H. Abich. (Avec 8 Planches) 535

Plantas Abichianas in itineribus per Caucasum regionesque Transcaucasicas collectas enumeravit A. Bunge 579

Vorwort.

Der an mich auf Allerhöchsten Befehl ergangene Auftrag, auf längere Zeit nach Transkaukasien zurückzukehren, veranlasst mich die Publication der Grundzüge einer künftigen Geologie der kaukasischen Länder nicht länger zu verzögern.

Es war mein Wunsch schon den ersten umfassenderen Mittheilungen über meine Untersuchungen im Kaukasus, welche auf Veranlassung der obersten Direction des Kaiserlichen Corps der Berg-Ingenieure unternommen worden und unter den Auspicien derselben Behörde fortgeführt werden, eine geognostisch-geologische Karte zum Grunde zu legen, mit welcher ich schon lange beschäftigt bin.

Die sorgfältige Herstellung einer derartigen graphischen Arbeit, durch mehrfache Umstände bis jetzt verhindert, würde in der vor meiner Abreise mir vergönnten Zeit unausführbar gewesen sein. Durch meine bevorstehende Rückkehr nach Grusien wird indessen die Realisirung meines Wunsches in Aussicht gestellt. Ich werde im Stande sein, die geologischen Verhältnisse der kaukasischen Länder vollständig in einer Form zu entwickeln, wie sie das gegenwärtige Bedürfniss der Wissenschaft fordert.

Ich gehe nach Grusien, nicht etwa, um früher noch nicht gesehene Gegenden in den Kreis neuer Untersuchungen zu ziehen, sondern um meine, im Kaukasus gewonnenen geognostischen Erfahrungen, so viel als möglich praktisch nutzbar zu machen, und um meinen Beobachtungen die nöthigen Ergänzungen und den grossen Vortheil lokaler Revisionen zuzuführen. Eine Arbeit wie die meinige, darf nicht zu den flüchtigen physikalisch-geologischen Reisebeschreibungen gerechnet werden; sie hat eine Aufgabe zu lösen, die in Mitten und Angesichts der Naturverhältnisse abgeschlossen werden muss, die den Gegenstand ihres Inhaltes bilden.

*

In Bezug auf den ersten Abschnitt der vorliegenden Abhandlung, der sich mit der Ermittelung der Grundzüge der Erhebungsrichtungen der kaukasischen, armenischen und nordpersischen Gebirge beschäftigt, bemerke ich, dass mir die neuesten noch nicht publicirten trigonometrischen Bestimmungen der hierzu nöthigen Gipfelpunkte durch den Chef der transkaukasischen Triangulation, Herrn Generalmajor v. Chodzko auf meine Bitte zur Disposition gestellt worden sind.

Für die Präcision der nöthig gewesenen zahlreichen Berechnungen bürgt die aufmerksame Theilnahme, welche Herr Dr. Oscar Werner hierselbst, an der Ausführung und Revision derselben genommen hat. Bei den Angaben der, bis auf Minuten und Secunden ermittelten Richtungen der Gebirgs-Erhebungen, sind die Wünsche Derer berücksichtigt, welchen bei der Vergleichung europäischer Gebirgssysteme mit kaukasischen und armenischen scharfe numerische Werthe willkommen, ja nöthig sind.

Die in dem dritten Abschnitte enthaltenen Angaben sind als der erste skizzirte Entwurf zu einer Geognosie der kaukasischen Länder zu betrachten, der sich vorerst nur darauf beschränkt, die Horizonte derjenigen Formationen an einzelnen Punkten festzustellen, welche überhaupt an der Zusammensetzung des sedimentären Theils der georgisch-armenischen Gebirge Theil haben. Diese Angaben sind durch paläontologische Vergleiche und Bestimmungen sicher gestellt, bei welchen ich mich von meinen wissenschaftlichen Freunden im Auslande durch Rath und That unterstützt gesehen habe. Es ist meine Pflicht hier neben den Dahingeschiedenen: L. v. Buch, Edward Forbes, und d'Orbigny, noch lebende Männer der Wissenschaft, wie Bronn, Ewald, Beyrich, Hörnes, de Verneuil, Hebert, Deshayes, Fitton, und Salters zu nennen, welche mich aus ihren Sammlungen auf die liberalste Weise mit gewünschten paläontologischen Objecten zum direkten Vergleich versorgt haben.

St. Petersburg im August 1858. **H. Abich.**

VERGLEICHENDE

CHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

DER

WASSER DES CASPISCHEN MEERES, URMIA- UND VAN-SEE'S,

VON

H. ABICH.

Nebst zwei Tafeln.

Gelesen den 14. März 1856.

I.

Untersuchungen

über

die Zusammensetzung des caspischen Meerwassers.

Die erheblichen Verschiedenheiten in den Resultaten der wenigen Untersuchungen, die wir bis jetzt über die Zusammensetzung des caspischen Meerwassers besitzen, zeigen, dass die Frage über den qualitativen und quantitativen Salzgehalt jenes Meeres noch keinesweges befriedigend gelöst ist. Es liegt nahe einen wesentlichen Antheil der Gründe jener Verschiedenheit in den eigenthümlichen physikalischen Verhältnissen zu vermuthen, unter welchen sich die Wasseransammelungen in dem weiten Gebiet der aralo-caspischen Niederung überhaupt befinden.

Bevor jedoch dergleichen Vermuthungen ein Einfluss auf Beurtheilung und Deutung der Abweichungen in den Resultaten der chemischen Untersuchungen gestattet werden kann, muss eine Vermehrung sorgfältig und mit Anwendung sicherer Methoden ausgeführter Analysen des caspischen Meerwassers in den verschiedenen Jahreszeiten, aus den verschiedensten Tiefen und Regionen geschöpft, statt gefunden haben. Die in den folgenden Mittheilungen aufgenommenen, von mir neuerlichst angestellten Analysen des von zwei Localitäten entnommenen caspischen Meerwassers, kann ich eben deshalb auch nur für einen geringen Beitrag zu der Erweiterung unserer Kenntniss in der angedeuteten Beziehung betrachten. Die erhaltenen Resultate dieser Analyse, die ich den nachfolgenden Untersuchungen der Wasser einiger anderen gleichfalls salzigen Binnenseen voranschicke, gewinnen indessen als Elemente vergleichender Betrachtung vom geologischen Standpunkt ein Interesse, auf welchen ich die Auffassung der vorliegenden Abhandlung vorzugsweise zu führen wünsche.

Die Aufstellung eines Bildes der Zusammensetzung von Wassern, welche Salzgemenge, wie sie im Meerwasser vorkommen, in Auflösung enthalten, muss, um Vertrauen zu verdienen, nothwendig von der Angabe der analytischen Methode begleitet sein, nach welcher die Zerlegung statt gefunden hat.

Mit besonderer Rücksicht auf die unvermeidlichen Umbildungen welche dergleichen Auflösungen erleiden, je nachdem der Concentrationszustand der Mischung oder die Temperatur

derselben sich ändern, habe ich bei meinen Untersuchungen an dem Grundsatze festgehalten, ein jedes Element der Zusammensetzung nach sicheren Methoden möglichst genau für sich zu ermitteln und dann die erhaltenen Gruppen der Säuern und Basen zu solchen Verbindungen zu combiniren wie sie bei freiwilliger Verdunstung des Wassers der Reihe nach sich ausscheiden würden*).

Von der Richtigkeit dieses Verfahrens überzeugten mich auch verschiedene synthetische Versuche, vor Allem aber die Verschiedenheit die sich in Bezug auf Zahl und Zusammensetzung der für die Mischung gefundenen Salze jedesmal ergab, sobald ich bei der Berechnung den bei der Trennung der Bestandtheile befolgten analytischen Methoden einen bestimmenden Einfluss auf die Gruppirung der einzelnen Säuern und Basen gestattete.

Die Bestimmung der Säuern und Basen geschahe theils mit Anwendung gesonderter Wasserquantitäten, theils vermittelst Durchführung vollständiger Analysen ein und derselben Wassermenge. — Befriedigend übereinstimmende Resultate wurden auf diesem Wege durch Methoden erhalten, über welche ich hier noch Einiges bemerken will.

Die Leichtigkeit womit im Verdunstungsprocesse bei gesteigerter Wärme das Chlormagnium sich selbst in sehr verdünnten Auflösungen in Chlorwasserstoffsäure und Talkerde zerlegt, musste den verhältnissmässig grossen Gehalt an doppeltkohlensauren Erden, namentlich Talkerde, der in allen bisherigen Analysen wiederkehrt, bedenklich erscheinen lassen; und in der That überzeugte ich mich bald, dass die mir für die Analyse zu Gebote stehenden Wasserquantitäten, wenngleich völlig ausreichend für die Bestimmung aller Hauptelemente der Zusammensetzung, nicht genügten, um die jeden Falls nur sehr geringe Menge vorhandener doppeltkohlensauerer Erden mit völliger Genauigkeit quantitativ zu ermitteln.

Zur Abscheidung der somit hauptsächlich nur auf Chlormagnium und schwefelsaure Magnesia zu vertheilenden Talkerde bediente ich mich unter Andern auch der von Berzelius vorgeschlagenen Methode der Anwendung des Quecksilberoxydes, bei dessen Gegenwart aus dem Chlormagnium enthaltenden Salzgemenge wie bekannt in der Glühhitze reines Magniumoxyd ausgeschieden wird, während Quecksilberchlorid und Quecksilberoxyd sich verflüchtigen. Im Laufe der Untersuchungen durch abweichende Resultate aufmerksam gemacht, welche anfänglicher Voraussetzung entgegen waren, dass mit vorhandene schwefelsaure Magnesia unzerlegt bleiben würde, fand ich, dass das letztere Salz bei dem soeben angedeuteten Processe auf Kosten des im Gemenge mit vorhandenen Chlornatrium vollständig zerlegt und reine Magnesia ausgeschieden wird. Einige mit abgewogenen künstlichen Salzmischungen angestellte Versuche überzeugten mich, dass es für eine rasche und genaue Bestimmung der Magnesia in manchen Fällen als analytische Methode zweckmässig sein kann, die zu untersuchende Verbindung mit einem Gemenge von Qecksilberoxyd und Kochsalz in der erwähnten Weise zu behandeln.

---

*) In dieser Reihenfolge würde schwefelsaure Kalkerde zuerst, dann Kochsalz und endlich schwefelsaure Magnesia theils mehr oder minder rein, theils in Verbindung mit Chlornatrium sich ausscheiden; das Chlormagnium als das auflöslichste Salz würde in der Mutterlauge bleiben.

Allerdings bleibt auch hier die bekannte Auflösungsfähigkeit der reinen Talkerde bei dem Auswaschen des Filtrats ein wohl zu berücksichtigender Gegenstand der Vorsicht.

Gute Resultate erhielt ich auch in Bezug auf die elementare Bestimmung der Magnesia durch Anwendung des folgenden Verfahrens:

Aus dem Gemisch einer bestimmten Meerwasserquantität mit Wasser schied eine heisse Lösung von essigsaurem Baryt die Schwefelsäure als schwefelsauren Baryt. Aus dem nach dem Abdampfen der filtrirten Flüssigkeit erhaltenen und hierauf dem Glühen unterworfenen Rückstande zum Theil essigsaurer Salze wurden durch Wasser die alkalischen Salze ausgezogen.

Die salzsaure Lösung der kohlensauren Erden wurde nunmehr durch verdünnte Schwefelsäure von der vorhin im Ueberfluss zugesetzten Baryterde befreit, hierauf durch oxalsaures Ammoniak die Kalkerde abgeschieden und die jetzt isolirt zurückgebliebene Magnesia als schwefelsaures Salz bestimmt.

Den Natrongehalt ergab das Gewicht der von den kohlensauren Erden durch Wasser abgeschiedenen und alsdann in Chlorverbindungen verwandelten alkalischen Salze, wobei auf etwa noch zurückgebliebene Antheile von Kalk und Talkerde durch Anwendung von Quecksilberoxyd Rücksicht genommen wurde.

Eine geringe Menge von Kalkerde, welche einigemal bei den alkalischen Salzen zurückgeblieben war, schien der Annahme eines schwachen Chlorcalciumgehaltes in dem Meerwasser günstig zu sein.

In einem anderen Falle wurden in einer gewogenen Quantität Meerwasser durch eine heisse diluirte Auflösung von essigsaurem Silber sämmtliche Chlorverbindungen zerlegt; das erhaltene Chlorsilber abgeschieden und hierauf sämmtliche schwefelsaure Verbindungen durch eine heisse Lösung von essigsaurem Baryt in essigsauere Salze verwandelt.

Nach Trennung des schwefelsauren Baryt wurde die Lösung in der Platinschale zur Trockniss abgedampft und die Erhitzung bis zur vollständigen Umwandlung aller essigsaueren Salze in kohlensaure Verbindungen gesteigert. Nach der Abscheidung des kohlensauren Natron durch Wasser trennte verdünnte Salzsäure die kohlensauren Erden von dem reducirten (d. h. dem vorhin im Ueberschuss zugesetzten essigsaurem Salze entsprechenden) Silber. Das Gemenge von Baryt, Kalk und Bittererde wurde nun wie vorhin geschieden, das kohlensaure Natron in Chlornatrium verwandelt und das letztere auf etwa vorhandenes Kali und Spuren beim Auswaschen vielleicht mit gelöster Erde geprüft.

Zur vergleichenden direkten Bestimmung der Kalkerde und der Magnesia wurden besondere Wasserquantitäten von 25 bis 30 Grammen mit Chlorwasserstoffsäure und Oxalsäure versetzt und hierauf mit Ammoniak behandelt. Nach Abscheidung der oxalsauren Kalkerde wurde der abgedampfte und durch Erhitzen vom oxalsauren Ammoniak befreite Rückstand mit Quecksilberoxyd geglüht, oder es wurde die Talkerde aus der salzsauren Lösung durch Ammoniak und phosphorsaures Natron abgeschieden. Beide Methoden gaben übereinstimmende Resultate.

Zur besonderen direkten Bestimmung des in den Chlorverbindungen enthaltenen Chlors wurden zu wiederholten Malen Wassermengen von 25 bis 30 Grammen durch reine Salpetersäure angesäuert und alsdann mit Silbersolution behandelt.

Obschon es mir mit der sorgfältigsten Anwendung erprobter Reagenzien nicht gelang einen auch noch so kleinen Gehalt von Jod oder Bromverbindungen im Wasser des caspischen Meeres ausser Zweifel zu setzen, so halte ich doch eine absolute Verneinung des Daseins dieser Stoffe in demselben so lange für gewagt bis wiederholte Prüfungen mit grösseren als mir zu Gebote gestandenen Wasserquantitäten an Ort und Stelle vorgenommen sein werden. Eine quantitative Bestimmung des Kali beanspruchen meine Untersuchungen nicht, weil ich bei wiederholten Prüfungen des in verschiedenen Analysen erhaltenen Chlornatrium durch Platinsolution so unbedeutende Reaktionen erhielt, dass mir bei dem Mangel grösserer Wassermengen eine genaue Fixirung des Kali unthunlich erschien.

Zu bemerken habe ich hier noch dass ich den Procentgehalt der Salze in den von mir untersuchten Wassern nicht durch Verdampfung ermittelte, da das abgedampfte Salz schon bei einer Temperatur, in welcher der ganze Wassergehalt des Gemenges noch nicht entfernt sein konnte, jedesmal Chlorwasserstoffsäure abgab und somit die eingetretene Zersetzung einer unbestimmten Menge von Chlormagnium andeutete. Versuche das Resultat dieser Zersetzung quantitativ zu bestimmen, indem ich die in der Platinretorte bei stärkerer Erhitzung aus den Abdunstungs-Rückständen ausgetriebenen Dämpfe im geschlossenen Apparat durch verdünnte Silbersolution leitete, fielen, wie zu erwarten, ungenügend aus; das im Chlorsilber enthaltene Chlor konnte dem ursprünglich im Meerwasser befindlichen Chlormagnium nicht allein entsprechen, da die Zersetzung eines Antheils schwefelsaurer Magnesia auf Kostandes mit vorhandenem Chlornatrium in der hohen Temperatur unvermeidlich war.

Die Summirung der, als wasserfreie Verbindungen berechneten Salze ergab für den Procentgehalt des Gemenges im Wasser in sämmtlichen Analysen allein ein constantes mit dem specifischen Gewichte des letzteren hinreichend conformes Resultat.

1. Untersuchungen des caspischen Meerwassers aus dem Golf von Baku.

Das für diese Untersuchungen verwendete Wasser wurde im Innern des Golfs von Baku aus einer Tiefe von 23 Fuss vom Grunde des Meeres an einer Stelle heraufgezogen, welche durch das Austreten ausserordentlich starker Brenngasströme aus einem vielverzweigten Quell-Systeme dieses Gases in einer T. VI, No. 24 des Bulletin phys. math. näher berührten Weise sehr eigenthümlich bezeichnet ist.

Das specifische Gewicht dieses Wassers, durch direkte Wägung in einem 5.5 gr. wiegenden Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel ermittelt, fand ich bei einer Temperatur von 15°,4 R. 1.008456, das distillirte Wasser im maxim. der Dichtigkeit bei 3°,2 R. als Einheit angenommen. Das specifische Gewicht desselben Wassers bestimmte Herr Direktor Moritz in Tiflis auf meine

Bitte durch Aräometerwägung mit einem im T. XIV, No. 11 des Bulletin phys. math. von ihm ausführlich beschriebenen Instrument und fand dasselbe 1.008175 bei 12° R. Temperatur.

a) Die Resultate der vollständig durchgeführten Analyse einer Wasserquantität von 71.399 grm. *absichtlich ohne Rücksicht auf die von dem analytischen Verfahren abhängigen Einflüsse berechnet*, welche eine partielle Zersetzung der bei der gewöhnlichen mittleren Temperatur von Baku von 11°,6 R. im Meerwasser vorhandenen Verbindungen unvermeidlich machen.

In 1000 Theilen Meerwasser.

Chlorcalcium .	= 0.0350	= 0.0230 Cl̈ +	0.0120 Ca	= 0.4902
Gyps	0.0280	0.0160 S̈	0.0120 Ca	0.3921
Chlornatrium .	0.5225	0.3160 Cl̈	0.2065 Na	7.3182
Chlormagnium.	0.0690	0.0510 Cl̈	0.0180 Mg	0.9664
Glaubersalz. . .	0.1200	0.0676 S̈	0.0524 Ṅa	1.6806
Bittersalz	0.1820	0.1210 S̈	0.0610 Ṁg	2.5490
	= 0.9565	= 0.5946 +	0.3610	= 13.3965
		0.9556		

b) Die Resultate derselben Analyse von 71.399 grm. auf Grundlage der Elementarbestimmungen für Basen und Säuren nach der Annahme berechnet, dass in den allermeisten Fällen die Salze so nebeneinander in einer Auflösung existiren, wie sie durch Abdampfung des Wassers bei der gewöhnlichen oder bei möglichst wenig erhöheter Temperatur sich durch Krystallisation ausscheiden würden.

Aus den arithmetischen Mitteln der aus mehrfach wiederholten Bestimmungen gewonnenen Werthe der einzelnen Elemente hatte ich aus hundert Theilen des Meerwassers erhalten:

Chlor.	= 0.5450 %
Schwefelsäure . .	0.2759
Kalkerde.	0.0397
Magnesia	0.1371
Natron.	0.4591

Dieselben Elemente nach der Analyse der Wasserquantität von 71.399 grm.:

	für 71.399 grm.	und auf 100 Theile Wasser berechnet.
Schwefelsäure . .	= 0.1990 grm.	= 0.2773 %
Chlor	0.3966	0.5463
Kalkerde	0.0318	0.0442
Magnesia	0.0903	0.1264
Natron.	0.3290	0.4607

Die Zusammensetzung des Wassers ist nach diesen Elementen wie folgt:

			in 1000 Theile Wasser.
Chlornatrium	= 0.6188 grm.	= (0.2435 Na × 0.3743 Ċl)	= 8.5267
Chlormagnium	0.0287	(0.0074 Mg 0.0213 Ċl)	0.3039
Gyps	0.0767	(0.0316 Ċa 0.0451 S̈)	1.0742
Bittersalz	0.2320	(0.0781 Ṁg 0.1539 S̈)	3.2493
Dopp. kohlens. Kalk	0.0057	(0.0027 Ċa 0.0030 C̈)	0.0798
	= 0.9619 grm.	= (0.3633 × 0.5976)	= 13.2339
		0.9609	986.7661 Wasser.
			1000.0000

Der Gehalt an festen Salzen im caspischen Meerwasser von 1.008456 specif. Gewicht aus dem Golf von Baku beträgt den vorstehenden Untersuchungen zu Folge mithin 1.32 Procent eines Salzgemenges, welches in 100 Theile zusammengesetzt sein würde aus:

Chlornatrium.	= 54.62 % (nach a)	= 64.33 % (nach b)
Chlormagnium.	7.21	2.89
Chlorcalcium.	3.65	0.00
Gyps.	2.92	7.97
Glaubersalz.	12.54	0.00
Bittersalz	19.02	24.11
Dopp. kohlens. Kalk . .		0.60
Spuren von Kalisalzen .		
	99.96	99.90

2. Untersuchung des caspischen Meerwassers von der Rhede bei Derbent.

Das für diesen Zweck benutzte Wasser habe ich am 2. December 1852 bei einer Lufttemperatur von 6°,4 R. auf der Rhede von Derbent aus der Tiefe von einem Faden vom Meeresboden geschöpft und in hermetisch verschlossenem Gefässe aufbewahrt. Das specifische Gewicht dieses Wassers bestimmte ich bei 15° R. zu 1.007117.

In einer vollständig durchgeführten Analyse von 72.756 Grammen Meerwasser wurde das Gewicht der einzelnen Säuren und Basen bestimmt und hierauf die Gruppirung derselben nach dem vorhin entwickelten und angewendeten Princip ausgeführt. Die erhaltenen Resultate zeigt die folgende Uebersicht. Es sind enthalten:

	in 72,756 grm.	in 100 Theilen Wasser
Schwefelsäure	= 0.1880 grm.	= 0.2583 %
Chlor	0.3700	0.5085
Kalkerde	0.0328	0.0450
Magnesia	0.0940	0.1292
Natron	0.2940	0.4040
Dopp. kohlens. Kalkerd. .	0.0112	0.0153
	0.9900	1.3603

a. Wird die Berechnung auf eine Gruppirung der Säuren und der Basen gegründet, wie sie *ohne Rücksicht* auf die von den analytischen Trennungsmethoden abhängigen Einflüsse, durch den Gang und das Ergebniss der Analyse allein geboten erscheint, so gestaltet sich das Bild der Zusammensetzung folgendermaassen:

	in 72.756 grm.	in 1000 Theilen Wasser	
Chlornatrium	= 0.5288 grm.	= (0.2088 Na + 0.3200 Ćł)	= 7.2681
Chlormagnium	0.1132	(0.0298 Mg 0.0834 Ćł)	1.5558
Chlorcalcium	0.0384	(0.0140 Ca 0.0244 Ćł)	0.5277
Gyps	0.0352	(0.0151 Ca 0.0201 S̈)	0.4838
Glaubersalz	0.1328	(0.0564 Na 0.0764 S̈)	1.8252
Bittersalz	0.1388	(0.0924 Mg 0.0924 S̈)	1.9077
Dopp. kohlens. Kalk u. Bittererde . . .	0.0112	(0.0053 Ca 0.0057 C̈)	0.1539
	= 0.9984 grm.	= (0.3758 + 0.6224)	= 13.7222
		0.9982	986.2778
			1000.0000

b. Die Zusammensetzung des Meerwassers von der Rhede bei Derbent, nach dem in 1, b angewendeten Grundsatze berechnet, ändert sich dagegen wie folgt um:

Chlornatrium	= 0.5532 grm.	= 0.2192 Na	+ 0.3340 Ćł	= 7.6035
Chlormagnium . . .	0.0468	0.0123 Mg	0.0345 Ćł	0.6431
Gyps	0.0792	0.0328 Ca	0.0464 S̈	1.0885
Bittersalz	0.2196	0.0740 Mg	0.1456 S̈	3.0183
Dopp. koklens. Kalk u. Bittererde . . .	0.0112	0.0053 Ca	0.0057 C̈	0.1539
	= 0.9100	= 0.3436	+ 0.5662	= 12.5073
		0.9098		987.4927
				= 1000.0000

Die Differenz zwischen der Summe der einzelnen Elementarbestandtheile des Salzgemenges 0.9900 gr. und der Summe der aus denselben berechneten Salze 0.8100 erklärt sich in dem Verluste des Sauerstoffs den die Oxyde des Na, Mg und Ca durch die Berechnung auf Chlorverbindungen erleiden.

In dem Wasser der Rhede von Derbent befanden sich mithin zu Anfang Decemb. 1.25 Procent eines Salzgemenges aufgelöst, dessen Zusammensetzung auf 100 Theile berechnet die folgende sein würde:

	(nach a)	(nach b)
Chlornatrium	= 53.46 %	= 60.79 %
Chlormagnium	11.08	5.14
Chlorcalcium	3.89	0.00
Gyps	3.59	8.70
Glaubersalz	13.47	0.00
Bittersalz	14.08	24.13
Dopp. kohlens. Kalk u. Talkerde.	1.23	1.23
	100.00	100.00

Der Vergleich zwischen den Resultaten der Untersuchungen I und II zeigt, dass die absolute Quantität der Salze im Meerwasser von Derbent sich gegen diejenige im Wasser des Golfs von Baku, der Abnahme des specifischen Gewichts der Flüssigkeit nahe proportional, verringert hat.

In ihren relativen Mischungsverhältnissen zeigen diese Salzgemenge folgende Verschiedenheiten. Während der Bittersalzgehalt in Beiden gleich geblieben, haben in dem des Derbenter Wassers der Gyps um 0.09, Chlormagnium und doppelt kohlensaure Erden aber um das Doppelte und zwar unter entsprechender Verringerung des Chlornatrium zugenommen. Ganz abgesehen von dem Bedürfniss zu vermehrender und zu wiederholender Analysen erscheint es mir jedenfalls noch zu früh über die möglichen Gründe dieser Verschiedenheiten speculiren zu wollen, indem dies den Standpunct der Frage verrücken hiesse, welche in möglichster Häufigkeit fortzusetzende analytische Untersuchungen allein durch Thatsachen zu lösen vermögen, die Frage nämlich *ob und in wie weit überhaupt locale Abänderungen in dem relativen Mischungsverhältnisse* der Salze zu constatiren sind, die das kaspische Meer in Auflösung enthält.

Ein gleichbleibendes mittleres Mischungsverhältniss der Salze in dem ganzen Umfange jenes Meeres scheint als physikalisch nothwendiges Resultat solcher Kräfte in Anspruch genommen werden zu müssen, die (durch constante Strömungen in der Tiefe des Meeres etc.) fortdauernd thätig sind die Störungen wieder auszugleichen, welche auf jenes Verhältniss, sowohl von der Physik eigenthümlicher Küsten wie von der Verschiedenheit climatischer Einflüsse auf jenes Binnenmeer ausgehen, welches in seiner meridianen Längenausdehnung von nahe 11 geographischen Breitengraden den daselbst sich diametral gegenüberstehenden Wirkungen extremer Lufttemperaturen, Verdunstungs- und Niederschlagsverhältnisse ununterbrochen unterliegt.

Für die so eben berührte Frage sind die in Tom XIII, Nro. 13, 14 des Bulletin ph. math. durch Herrn Akademiker v. Baer mitgetheilten Untersuchungen von Wichtigkeit, die Herr Provisor Mehner in Astrachan mit dem kaspischen Meerwasser angestellt hat, welches durch Herrn v. Baer aus dem Kanale geschöpft worden, der sich auf der Ostküste der Meeres um das Vorgebirge Tjuk Karagan zieht (pg. 198 l. c.). Diese Stelle gehört einer Gegend an, wo man nach der Ansicht des Berichterstatters hoffen kann, die mittlere Beschaffenheit des Wassers vom caspischen Meere vorzufinden. Von einer gleichen Ansicht hinsichtlich des Wassers ausgehend, welches aus der Tiefe des Golf's von Baku geschöpft, von mir analysirt worden, glaube ich ein um so grösseres Gewicht auf die Annäherung legen zu dürfen, die zwischen den Resultaten der Analyse des Wassers von Tjuk Karagan von Herrn Mehner und denen des Wassers von Baku stattfindet. Unbeschadet einiger qualitativen und quantitativen Verschiedenheiten in dem Bilde der Zusammensetzung des ersten Wassers von dem des zweiten, über welche ich mir kein Urtheil erlaube, da der Gang der Analyse des Herrn Mehner nicht angegeben worden, sind die relativen Mengenverhältnisse der beiden wesentlichsten Salze, die sich in 1000 Thl. des Wassers in Auflösung befinden, d. h. Chlornatrium und schwefelsaure Talkerde, in beiden Analysen nahe dieselben. Nach Herrn Mehner enthalten 100 Thl. Wasser von Tjuk Karagan 1.40% eines Salzgemenges in Auflösung, dessen procentische Zusammensetzung ich zum Vergleich mit der Angabe derjenigen verbinde, wie sie in den übrigen bis jetzt bekannt gewordenen Analysen des caspischen Meerwassers hervortreten.

1. Nach der Analyse des kaspischen Meeswassers aus der Nähe von Astrachan von F. Goebel: Reise in die Steppen des südlichen Russlands II pg. 101.
2. Nach den Untersuchungen von H. Rose eines Wassers welches bei OSO. Wind 75 Werst von der äussersten der Inseln geschöpft worden welche die Wolga bei ihren Ausflusse bildet: Poggend. Ann. Tom XXXV pg. 185.
3., 4., 5. Nach den Untersuchungen von Herrn Mehner und den von mir unter I, b und II, b mitgetheilten.

	1	2	3	4	5
Specif. Gewicht des Wassers.	1.00539 bei 14° R.	1.0013 bei 10° R.	0	1.00845 bei 15° R.	1.00711 bei 15° R.
In 100 Thl. Wasser sind v. Salzgem. enthalten	0.6294%	0.1654%	1.40%	1.32%	1.25%
Chlornatrium	58.37	45.56	63.93	64.33	60.79
Chlorcalcium	1.20	0	4.65	0	0
Chlormagnium	10.04	0	0	2.89	5.14
Dopp. kohlens. Kalkerde	2.70	1.08	2.66	0.60	1.23
» » Bittererde.	0.20	26.60	1.46	0	
Schwefelsaurer Kalk.	7.79	24.54	3.99	7.97	8.70
Schwefelsaure Talkerde	19.68	0	23.29	24.11	24.13
Glaubersalz	0	2.17	0	0	0
	99.98	99.95	99.98	99.90	100.00

Die Berechnungen unter 1, 3, 4, 5 gaben für das Salzgemenge welches das caspische Meer zwischen dem 40 und 48 Breitengrade bald in stärkerem, bald in schwächerem Grade der Auflösung enthält zwar abweichende, aber doch immer bedeutend unter sich genäherte Zusammensetzungen, deren Aehnlichkeit wahrscheinlich noch grösser sein würde, wenn das analytische Verfahren bei den Untersuchungen immer ein und dasselbe gewesen wäre. Die stärkste Abweichung von einer mittleren Zusammensetzung zeigen die Werthe Nro. 2; auch werden die Zweifel gegen die Richtigkeit derselben durch die Bemerkungen gekräftigt, die sich auf pg. 186 der citirten Abhandlung von C. Rose über die Beschaffenheit und die Quantität des der Analyse zu Gebote gestandenen Materials finden.

Jedenfalls erscheint die Vermuthung gegründet, dass der bedeutende Gehalt an doppeltkohlensauren Erden der dem Wasser des kaspischen Meeres durch die Analysen 1, 2, 3 zugeschrieben wird, auf einen Irrthum beruhe. Nähere Untersuchungen der festen steinigen Niederschläge vom Grunde des Meeres, wie des Schlammes der die Salzausscheidungen umschliesst und unterlagert, die sich überall bilden müssen wo eine freiwillige Verdampfung das Wasser des caspischen Meeres längs seiner Küstenzone concentrirt, würden zur Erörterunng dieser Frage wesentlich beitragen können. — Krystallinische rindenförmige Salzmassen, welche durch das Senkblei während der Beschiffung des Karabugas Busens durch den Capitain Scherepzow von dem Grunde jenes Wasserbeckens heraufgezogen worden, in welchem eine energische Verdunstungsfähigkeit das niemals hinaus, sondern immer nur hineinströmende Meerwasser eindampft, zeigten den schwefelsauren Kalk neben wenig Chlornatrium als vorherrschenden Gemengtheil.

Ueber die Natur solcher festen steinigen Ausscheidungen, wie sie sich in gewissen Regionen des caspischen Meeres auf dem Grunde desselben innerhalb localer Begränzungen absetzen mögen, verschaffte mir ein Zufall nähere Kenntniss, worauf ich hier etwas eingehe. Mit der Untersuchung der schon früher erwähnten Gasquellen im Innern des Golfs von Baku und der Auffangung des Gases beschäftigt, dessen Zusammensetzung ich in Tom XIV Nro. 4 u. 5 d. Bulletin mitgetheilt habe, wurde die Sonde zu wiederholten Malen gesenkt, um sowohl die Tiefe des Meeres wie die Natur seines Grundes an jener Stelle zu ermitteln. Bei dem Wiederhinaufziehen der zum dritten Mal gesenkten Sonde trafen die damit beschäftigten Personen auf einen bedeutenden Widerstand, der einige Augenblicke glauben liess dass die Stärke des Seiles das sich untermeerisch entgegenstellende Hinderniss nicht überwinden würde. Unter verdoppelter Anstrengung, das Senkblei, welches sich zwischen Steinen eingeklemmt zu haben schien, frei zu machen, wurde mit einiger Mühe von drei damit beschäftigten Leuten ein sehr schwerer Körper mit heraufgezogen. Es bestand derselbe aus einer unförmlichen Steinmasse welche durch mehrfache flache, horinzontale Hervorragungen und zahlreiche grössere und kleinere Höhlungen sonderbar gegliedert erschien. Die Oberfläche dieses steinigen Gebildes mit einer ursprünglich rauhen und äusserst unebenen Beschaffenheit und von dunkelbrauner Färbung, zeigte sich zum grossen Theil bedeckt von einem vollkommen gleichartigen Ueberzuge einer Spongiaart, wie ich dergleichen weder früher noch später an anderen

Stellen des caspischen Meeres wahrgenommen habe. Das zartfasrige filzartige Gewebe dieses Schwammes von lichtgrüner und stellenweis gelblicher Farbe, umhüllte in Form einer halbweichen Rinde von der Dicke zweier Millim. bedeutende Flächen des Steins mit allen seinen Unebenheiten. Die Aussenfläche dieser Rinde zeigte eine sehr zarte und regelmässige Zeichnung, hervorgebracht durch sternförmige Einschnitte, deren Strahlen, 6 bis 8 an der Zahl, theils einfach, theils dichotomirend in schwach wellenförmigen Linien von Mittelpunkten ausgehen die in Abständen von 2 bis 3 Linien von einander entfernt stehen. Durch die Zeichnung und Stellung ihrer niemals in einander überfliessenden Sterne, erinnert diese lebende Spongia des caspischen Meeres ausnehmend an gewisse fossile Polyactinien, ganz besonders an Agaricia boletiformis. (Tab. II. fig. 7 u. 8.)

Die sternförmigen Einschnitte durchsetzen die Rinde der Spongia in ihrer vollständigen Dicke nicht, denn mit Vorsicht von dem Stein abgelöste Theile derselben zeigen auf der unteren Rindenfläche nur Spuren der Sternzeichnung. Nach vollständiger Austreibung und Verkohlung aller dem lebenden Organismus angehörigen Stoffe durch starke Glühehitze, schrumpft das Spongienagregat, mit vollständiger Beibehaltung seiner ursprünglichen Form, zu einem weisslichen filzartigen Kieselskelet zusammen, welches von schwach gekrümmten, an beiden Enden zugespitzten Spiculen gebildet ist, deren Länge zwischen 0.15 u. 0.20 Millim. wechselt und deren Dicke 0.05 Millim. beträgt. Die Repräsentanten verschiedener Arten von Mollusken aus den Geschlechtern Dreisena, Neritina, Paludina, Rissoa, die ersteren beweglich wie Früchte am Byssus hängend, bedeckten in ausserordentlicher Anzahl, von den kleinsten bis zu mässigen Grössenverhältnissen, die Oberfläche der Steinmasse, überall wo sie nicht von der so eben beschriebenen Spongia bekleidet war. Zahlreiche, äusserst kleine Muschelbrut und unter diesen viele kleine schwach anhaftende Gasteropoden lösten sich fortwährend beim Transporte des Steines ab. Auch ein Alge zeigte sich auf der, von der Spongia freien Oberfläche des Steines, in welcher Herr Akademiker Ruprecht das Ceramium brachygonum jetzt zur Gattung Polysiphonia gehörig erkannte. Die Masse des Steines selbst ist am Besten als ein Conglomerat von grösseren und kleineren Muscheln und deren Trümmern, von Quarzsand und abgerundeten dunkelbraunen Kalkspatkörnern zu bezeichnen, welche durch kohlensauren Kalk zu einem sehr festen Kalkstein von oolitischer Natur verkittet sind.

Auf der frischen Bruchfläche dieses feinkörnigen oolitischen Gebildes liess die mikroskopische Prüfung erkennen, dass die kalkigen, bald abgeplatteten bald rundlichen Oolitkörner von bräunlicher Farbe, welche einen Hauptbestandtheil des Steines bilden, grösstentheils Muschelbrut von Acephalen und Gasteropoden (Tab II, fig. 2, 3, 4, 6) und häufig auch sehr kleine glasige Foraminiferenschalen einschliessen. Die grosse Verschiedenheit, welche in den erstgenannten kleinen zierlichen Formen herrscht, macht es sehr schwierig dieselben auf die ursprünglichen Arten zurückzuführen von welchen sie abstammen. Unter den meist schwer zu erkennenden und zu unterscheidenden Foraminiferenschalen sind solche vorherrschend welche die Gattungscharactere von Rosalina oder Rotalina besitzen. (Tab. II, fig. 1.)

Durch das Interesse besimmt welches sich an die Frage über den Grad des Einflusses knüpft, den die in dem Wasser des caspischen Meeres aufgelösten Erdsalze auf Bildung fester Absätze auf dem Meeresboden, so wie insbesondere auch auf die Zusammensetzung der Schalen seiner Molluskenbewohner haben könnten, unternahm ich die Zerlegung des in Rede stehenden Steines, wozu ich mir das möglichst gleichartige Material aus der Mitte grosser zertrümmerter Massen auswählte.

Das Resultat der Untersuchung einer Quantität von 2.905 grm. ist wie folgt:

2.175	Kohlensaurer Kalk	= 74.86 %
0.075	Kohlensaure Magnesia	2.84
0.012	Organische Stoffe	0.41
0.610	Unlösliche Stoffe	20.99
0.028	Thonerde, Eisenoxyd u. Kieselerde	0.96
0.014	Schwefelsaurer Kalk	0.48
2.914		100.54

Noch halte ich mich zu der Bemerkung verpflichtet, das der Voraussetzung eines wahrscheinlichen Gehaltes an Phosphorsäure in dem analysirten Steine bei dem Gange der qualitativen Untersuchung eine negative Antwort zu Theil wurde. Die unlöslichen Stoffe, welche nahe den fünften Theil des Gesteins betragen, bestanden aus abgerundeten Körnern von Quarz und im geringen Antheil beigemengter nicht krystallinischer Gesteine.

Der Wunsch zu erfahren ob und mit welchem Antheile die in dem Steine gefundene kohlensaure Magnesia in die Zusammensetzung der von der Steinsubstanz umschlossenen Muschelschalen eingehe, veranlasste mich zu der Analyse des Schalenfragmentes eines grossen, aus dem Steine gebrochenen Exemplars von Cardium trigonoides. Nachdem die Abwesenheit der Phosphorsäure in der Schalensubstanz erwiesen war [1]), wurde die starksaure Lösung derselben in Chlorwasserstoffsäure mit Ammoniak im Ueberschuss versetzt und hierauf durch Oxalsäure die Kalkerde gefällt. Der abgedampfte, von den ammoniakalischen Salzen durch Glühen befreite Rückstand wurde mit Schwefelsäure versetzt und die Magnesia aus dem so erhaltenen schwefelsauren Salze berechnet.

Das specifische Gewicht der Cardiumschale war 2.809 bei 17° R. W. T.

1.043 gram. zeigten in der Analyse folgende Zusammensetzung:

1.024	grm. kohlensaure Kalkerde	= 98.17 %
0.017	kohlensaure Magnesia	1.67
		= 99.84 % [2])

1) Nach Joys neuester Zerlegung, Wöhl: und Liebig, 1852, LXXXII 367, bestände die Schale der Weinbergs-Schnecke Helix pomatia nur aus 98.5 kohlensauren Kalk und 1.5 organischem Gewebe, indem Phosphorsäure, Kieselsäure, Fluor, Talkerde und Alkalien nicht darin zu entdecken waren. Hatchet glaubte Spuren von phosphorsaurem Kalk in der Schale von Helix aspera gefunden zu haben, konnte aber in Helix hortensis keine Spur davon finden. Philos. transact. abridg. XVIII, 556.

2) Aus zahlreichen chemischen Untersuchungen lebender Corallen, welche auf Veranlassung des Herrn de la Beche

Ich stelle dieser Analyse einer nicht petrificirten Muschelschale des heutigen caspischen Meeres aus dem submarinen Kalkstein im Golf von Baku eine andere gegenüber, die ich von den sehr regelmässigen Pseudomorphosen der Schalen von Mactra podolica in reinen Kalkspat anstellte, deren dichtes Aggregat den marmorartigen Steppenkalk bildet, der im Gouvernement Stavropol 30 Werst nördlich von der Staniza Novo Alexandrowskaja gebrochen wird und, in grossen Platten und Pfeilern gehauen, eine in jener Gegend weit verbreitete architectonische Anwendung findet.

Das specifische Gewicht dieser Schalenmasse fand ich 2.647 bei 17° R. Wasser T. Eine auf gleiche Weise wie die vorhergehende angestellte Analyse von 1.166 grm. gab

1.161 grm. kohlensaure Magnesia = 99.61 %

Spur von Magnesia.

Die systematische Vermehrung von Untersuchungen wie die vorstehenden, hat ein geologisches Interesse, denn sie würden zur Lösung der Fragen führen können, ob die kohlensaure Magnesia als ein *chemisches Merkmal der Molluskenschalen des caspischen Meeres* zu betrachten ist und ob eine successive Abnahme dieser Erde in den Schalen, welche älteren aralo-caspischen Schichten angehören, *vielleicht* selbst bis zum Verschwinden der Magnesia, in den Muscheln der miocenen Ablagerungen statt findet, die am nördlichen und südöstlichen Fusse des Kaukasus als niemals fehlende Grunlage der aralo-caspischen Niederschläge gefunden werden.

Eine hier nicht wohl abzuweisende Erörterung über die wahrscheinliche Bildung des modernen Muschelkalksteins in dem Golf von Baku muss sich zu den chemischen Bedingungen wie den physikalischen Umständen zurückwenden, welche sein Erscheinen auf dem Meeresboden begleiten.

Für das Vorhandensein einer kalkreichen Mineralquelle auf dem Boden des Golfs von Baku fehlen alle Beweise, dagegen haben die in T. XIV, No. 4 u. 5 des Bulletin ph. math. mitgetheilten Analysen des Brenngases der Halbinsel Apscheron gezeigt, dass die jenem Gase überall beigemengte Kohlensäure über den submarinen Gasquellen vom Meerwasser aufgenommen wird.

Eine Ausscheidung von kohlensaurem Kalk innerhalb der Gasquellen, wird unter solchen Umständen mithin sehr unwahrscheinlich; wohl aber scheinen die Kohlensäure enthaltenden Gase geeignet, die Auflösung eines schon vorhandenen Kalksteingebildes zu begünstigen und wenigstens local zu unterhalten. Eine solche Voraussetzung wird aber durch die Configuration und den habitus der vom Meeresboden in Mitten der Gasquellen herauf gezogenen Kalkmassen vollkommen bestätigt. Sie nur allein vermag zu erklären weshalb die unteren Flächen

---

im Laboratorium des Instituts für praktische Geologie in London angestellt worden sind, hat sich gezeigt dass die Erdsalze welche die steinigen Gehäuse der Corallen zusammensetzen in folgenden Verhältnissen schwanken können. Kohlensaurer Kalk von 82 zu 95.5%, kohlensaure Magnesia von einer blossen Spur zu 7.24%, schwefelsaurer Kalk von einer Spur zu 2.76%. Die organischen Stoffe, in den Corallen schwanken denselben Untersuchungen zufolge, von 3 bis 8.27%, während geringe Mengen von Kieselerde, Thonerde, Eisen, Phosphaten und Fluorverbindungen ebenfalls mit auftreten. [De la Beche. The geological Observer. London, 1853, pg. 168.]

der schon oben erwähnten flachen Hervorragungen des Steines, die sich, wie ersichtlich, ursprünglich in einer parallelen Stellung zu dem Meeresboden befanden, im auffallenden Gegensatze zu der oberen äusserst höckerigen und rauhen Oberfläche derselben *beinahe völlig abgeglättet erscheinen.*

Auf solchen glatten Flächen sind die Durchschnitte der in dem Steine eingeschlossenen grösseren und kleineren Muscheln durch ein und dieselbe Ebene nicht anders begränzt als wenn der Muschelkalkstein zur Politur vorbereitet wäre.

Nur die Einwirkung der Kohlensäure welche in den mit Lebhaftigkeit aufsteigenden Gasströmen enthalten ist, konnte dem Steine eine solche Configuration geben. Dieser Vorstellung conform zeigen sich auch die unförmlichen knorrigen Bildungen der nach Oben gerichteten Theile des Steins, sowie die in den letzteren vorhandenen, von Muschelbrut erfüllten Höhlungen, vor Allen aber die häufigen Hervorragungen grosser Cardienschalen, deren abgeglätteter Zustand sich nicht auf die von der Steinmasse noch bedeckten Theile erstreckt. Bei ruhigerer Einwirkung der vom Wasser aufgenommenen freien Kohlensäure stellten jene derben Schalen und localen Muschelanhäufungen der langsam auflösenden Kohlensäure, einen stärkeren Widerstand entgegen als die Masse des Steines. Dass die Natur des Gasgemenges selbst wie die Gewalt seiner Ausströmungen der Spongienbildung nicht hinderlich ist, dieselbe vielmehr begünstigt, scheint daraus hervorzugehen, dass die so eben erwähnten von den aufsteigenden Gasströmen abgeglätteten und continuirlich getroffenen Steinflächen sich vorzugsweise von einem zusammenhängenden Rasen der Spongia bedeckt zeigen.

Als Beleg für den Grad des auflösenden Einflusses den die mit dem Kohlenwasserstoff verbundene Kohlensäure auf die kohlensauren Erden ausübt, welche in die Zusammensetzung der Schichten der Formation eingehen, die den Grundbau der apscheronschen Halbinsel wie auch den Boden des Golf von Baku formirt, schliesse ich hier noch das Folgende an.

Die Möglichkeit, die ausserordentliche Quantität von 250.000 Pud Naphta alljährlich auf einem Terrain von 2 □Werst Oberfläche aus einigen 70 Brunnen bei Balachani zu gewinnen, beruht wesentlich auf der geognostischen Natur des Terrain's, in dem die Brunnen eingesenkt sind. Es besteht dasselbe aus einem sehr kalkigen Sandstein von unbekannter Mächtigkeit, dessen geognostische Aequivalente als regelmässig geschichtete Glieder einer bunte Mergel und Steinsalz führenden Formation an mehreren Stellen der Halbinsel in ausgedehnter Entwickelung und in den stärksten Graden der Dislocation auftreten. — Dieser Sandstein wird, wie künstliche Aufdeckung des Terrains bei Balachani bis 40 Fuss Tiefe gezeigt hat, in seinem normalen Zustande von geringer Härte und von Bitumen durchdrungen, schon einen Faden unter der Oberfläche angetroffen. Mit grösserer Tiefe beginnen die Wirkungen chemischer und mechanischer Zerstörung den ursprünglich horizontal geschichteten Sandstein in einen feinkörnigen Sand von gelblich grüner Färbung zu verwandeln, dergestalt von Naphta durchdrungen, dass er weiter hinab in eine dunkelgrüne zähflüssige Masse übergeht, welche 5—6 Faden unter der Oberfläche ein sogenanntes schwimmendes Gebirge bildet. In ein solches Terrain sind nun die Brunnenschächte bis zu Tiefen von 70—80 Fuss hinabgesenkt, auf deren Grunde sich

binnen 24 Stunden mitunter 90 Pud Naphta auf schwachsalzigem Wasser schwimmend ansammeln, dessen Oberfläche durch das stete Mitemporsteigen des Brenngases in einer mehr oder minder starken kochenden Bewegung erhalten wird.

In dem Innern dieser zähen sandigen Masse lassen sich die Strukturverhältnisse des ursprünglichen Gesteins noch deutlich durch plattenförmige horizontalgelagerte Fragmente erkennen, welche als Reste früher zusammenhängender Schichten in dem von Naphta getränkten Sande zu schwimmen scheinen und deren Gegenwart einen wesentlichen Einfluss auf die Vertheilung der Naphta in dem angedeuteten Terrain ausübt. Eine chemische Untersuchung der beiden hier in Rede stehenden Gesteinsvarietäten schien mir einen Aufschluss *über den Grad des chemisch-zersetzenden Einflusses* zu verheissen den die Gase, welche das Auftreten der Naphta in diesem unterirdischen Naphtasumpf begleiten und befördern, auf den Sandstein ausüben.

Die Analysen welche Hr. Candidat Moritz Gottfriedt, der mich im Jahre 1847 auf meinen Reisen in Grusien begleitete, auf meine Veranlassung angestellt hat gaben folgende Resultate.

1. Untersuchung des normalen Sandsteins aus einem Faden Tiefe.

Unlöslicher Rückstand grösstentheils aus Quarzsand und kohligen Theilen bestehend	= 58.74	pCt.
Kohlensaurer Kalk	27. 5	»
Kohlensaure Magnesia	7.75	»
Eisenoyxd, Thonerde und Verlust	5.66	»
	100.	

2. Untersuchung des zersetzten Sandsteins aus 5 Faden Tiefe.

Unlöslicher Rückstand nicht löslich in Säuren	= 79.14	pCt.
Kohlensaurer Kalk	7.58	»
Kohlensaure Magnesia	0.74	»
Thonerde	1.63	»
Eisenoxyd	1.90	»
Glühverlust	9.07	»
	100.	

Aus dem Vergleiche der Resultate dieser beiden Analysen ergiebt sich dass die Naphta einen zersetzenden Einfluss auf die ursprüngliche Felsart ausübt, welche im bleibenden Contakt mit der ersteren, den grössten Theil ihrer kohlensauren Erden verloren hat. Der Grund dieser Erscheinung findet seine wahrscheinlichste Erklärung in der auflösenden Einwirkung der Kohlensäure, welche an der Zusammensetzung des brennbaren Gases Antheil nimmt unter dessen Einfluss die Naphta aus der Tiefe aufsteigt. Das Terrain in welchem die Naphta sich sammelt kann dem Vorbemerkten zu Folge mit einem Schwamme verglichen werden, den das empordringende

Bitumen fortwährend gefüllt erhält. — Wird die Naphta, welche auf dem Grunde der zahlreichen Brunnen zugleich mit dem Wasser durch seitliches Eindringen in die Schacht-Räume, sich langsam ansammelt nicht in bestimmten Intervallen ausgeschöpft, so lehrt die Erfahrung, dass, nach dem Eintritte eines gewissen Maximum's kein weiteres Nachdringen erfolgt. Dieser Umstand scheint zu beweisen, dass der vermehrte Druck auf das Quellsystem einen unterirdischen Abfluss der Naphta nach anderen Richtungen bewirkt.

So scheint denn *der Muscheln umschliessende moderne Kalkstein* im Golf von Baku als ein langsames Niederschlagsproduct des im Meerwasser durch freie Kohlensäure aufgelösten kohlensauren Kalks betrachtet werden zu müssen, das bereits vorhanden war, als die Quellen des Kohlenwasserstoffgases an dem Orte ihres heutigen Erscheinens zwischen den Vorgebirgen Bayl und Schychov sich in unbekannter Zeit einen Durchbruch aus der Tiefe erzwangen.

In Folge der auflösenden Thätigkeit der dem Kohlenwasserstoff beigemengten Kohlensäure musste die Continuität der Steinschicht an den Austrittsstellen des Gases am Meeresboden durch Höhlungen und Löcher unterbrochen werden. Die Sonde drang somit in die Zwischenräume eines Haufwerks auf solche Weise sich isolirender Gesteinsmassen und vermittelte das Losbrechen und Emporführen eines Fragments derselben an die Oberfläche. Insofern nun die Bedingungen für oolitische Beschaffenheit eines Kalkniederschlages überhaupt vorzüglich an flache Küstenzonen geknüpft sind, wo das Spiel der sanft anschlagenden Wellen sich vielleicht noch mit dem Einfluss periodischer Niveauveränderungen des Wasserspiegels verbindet um Sand und Kalkkörner nebst Muschelfragmenten etc., von feinen Kalkschichten concentrisch umhüllt, zu festen oolitischen Ablagerungen zu verkitten, ist hier daran zu erinnern, dass dieselben Umstände, durch welche der fundamentale Boden der Ruinen der sogenannten Caravanserai*), 4 Werst weiter nördlich an derselben Küste, einst 7 Fuss unter die Oberfläche des heutigen Meeresspiegels versetzt wurde, auch jene fraglichen, ursprünglich oolitischen Küstenbildungen um 2 Werst von dem heutigen Meeresufer entfernt gegen das Innere der Bucht hinausgerückt worden sein könnten. Da die Gegenwart des Jod und Brom in Bestätigung aller bisherigen Annahmen auch von mir, wie schon Oben bemerkt, im caspischen Meerwasser nicht nachgewiesen werden konnte, so schien es mir der Mühe werth, die Analyse eines Salzgemenges anzustellen welches von Hrn. Apotheker Kieser in Derbent durch Abdampfen der Lauge aus der Asche von ihm verbrannter Gräser des caspischen Meeres (vorzüglich von Ruppia maritima) erhalten, und mir zur Untersuchung übergeben worden war. Dieses Salz, welches sich schwierig in Wasser löste, verhielt sich gegen das feinste Reagenz auf Jod ebenfalls negativ. — Die sehr complicirte Zusammensetzung desselben hat als Resultat der Berechnung aus einer einzigen Elementaranalyse von 1.2664 gram., deren

*) Die genannten Ruinen befinden sich 300 Faden vom Vorgebirge Schychov entfernt; während die grösste Tiefe zwischen den Ruinen und der Küste 2 Faden beträgt, findet sich der Meeresboden in der entgegengesetzten Richtung von den Ruinen, der Mitte des Golfs zugewendet, in 340 Faden Entfernung jetzt sogar in einer Tiefe von 1 Fuss (записки Кавказскаго отдѣла Императорскаго русскаго географическаго общества. Книжка II. Тифлисъ 1853, pag. 242.)

Wiederholung das geringe mir zu Gebote stehende Material nicht gestattete, nur einen aproximativen Werth.

Indess führe ich mit der Elementaranalyse die hypothetische Zusammensetzung des Satzes hier an, besonders wegen des nicht unbedeutenden Gehaltes an Schwefelsäure, Magnesia und Kalk, den die Analyse in jenen Seepflanzen mit Anspruch auf Genauigkeit nachweist.

Elemente in 1.2665 gr.		Berechnete Zusammensetzung.		
Schwefelsäure .	= 0.4344	Chlornatrium	= 0.2290	= 18.08 %
Chlor.	0.1184	Kohlens. Natron . . .	0.1186	9.36
Kali	0.2480	Schwefels. Natron . .	0.1057	8.34
Natron	0.1980	Schwefels. Kali. . . .	0.3126	24.68
Magnesia	0.0208	Schwefels. Kalk . . .	0.3036	23.97
Kalkerde.	0.0622	Schwefels. Magn. . .	0.0729	5.75
Kohlensäure. . .	0.0491	Wasser; Verlust . . .	0.1239	9.78
	1.1309		1.2663	99.96

Da nun, wie bereits erwähnt worden, die bis jetzt angestellten wenigen Analysen von dem Wasser des caspischen Meeres noch immer zu ungenügende Elemente begründen um über den wahren mittleren Salzgehalt des Meeres wie über die mögliche oder wahrscheinliche Zunahme jenes Gehaltes in den verschiedenen Regionen und grösseren Tiefen sicher urtheilen zu können, so ist tiefer eingehenden geologischen Schlussfolgen, von dem Standpunkte des bis jetzt Erkannten, ein noch zu unsicheres und beschränktes Feld gestattet. Von der Wahrscheinlichkeit ausgehend, dass die Analysen des Wassers von Tjuk Karagan und aus dem Golf von Baku ein sehr angenähertes Bild der mittleren Zusammensetzung des caspischen Meerwassers darstellen, mögen in Bezug auf diese hier noch einige Vergleiche eine Stelle finden.

Die eigenthümliche Zusammensetzung des caspischen Meerwassers, welche, wie bekannt, weder in qualitativer noch quantitativer Beziehung mit derjenigen irgend eines andern Meeres zu parallelisiren ist, zeigt eine Aehnlichkeit mit den Mutterlaugen, welche nach Abscheidung des Chlornatriums durch den Soggeprocess aus den Soolen zurückbleiben, die den Steinsalz führenden Formationen entspringen. In besonderm Grade tritt diese Aehnlichkeit bei den Mutterlaugen der Soolen hervor, welche wie z. B. die von Schönbeck und Dürrenberg besonders reich an schwefelsauren Salzen sind.

In dem Salzgemenge, wovon eine Mutterlauge der Schönbecker Saline 29.62 pCt. in Auflösung enthält, sind in 100 Thl. 62.77 Chlornatrium neben 24.66 pCt. Magnesiasalzen vorhanden. (Karsten, Salinenkunde. Tom. I, pag. 138.)

In dem Salze, wovon 1.32 pCt. im caspischen Meere gelöst sind, finden sich 64.70 pCt. Chlornatrium neben 27 pCt. Magnesiasalzen. Hiernach würde eine 21-malige Verdünnung der Schönbecker Mutterlauge eine Soole darstellen, welche in Bezug auf das relative Verhält-

niss des Kochsalzes zu den Salzen der Magnesia in derselben, dem caspischen Meerwasser sehr ähnlich ist.

Die grosse Verschiedenheit in dem chemischen Charakter der Salze des caspischen Meerwassers und derjenigen des Oceans wie aller mit demselben communicirenden Binnenmeere, findet ihren klarsten Ausdruck in den Verhältnisszahlen der Säuren und Basen der Salzverbindungen unter sich. Ich benutze für diesen Vergleich die Untersuchungen welche Dr. Schweitzer in London [1]) vom Meerwasser des englischen Canals angestellt hat, wo das Verhältniss von 3.52 pCt. fester Salze dem mittleren Salzgehalt von 3.57 pCt. sehr nahe kömmt, der nach Forchhammers Untersuchungen in dem ganzen nordöstlichen Theile des atlantischen Oceans bis Island überall herrschend ist, wo die verdünnenden Wirkungen der vom Lande ausströmenden Flüsse aufgehört haben.

	Im englischen Canal.	Im caspischen Meere.
Verhältniss des Chlors zur Schwefelsäure . . .	1 : 0.169.	1 : 0.506.
» » » » Magnesia	1 : 0.169.	1 : 0.251.
» » » zum Kalk	1 : 0.037.	1 : 0 072.
» » » » Natron	1 : 1.037.	1 : 0.842.

Mit Rücksicht auf den Kalk, der in dem caspischen Meerwasser im Verhältniss zum Chlor von 720 : 10,000 sich vorfindet, zeigt Forchhammer [2]) dass das Minimum desselben im Ocean im Umkreise der westindischen Inseln, wo Myriaden von Polypen den Kalk zum Aufbau ihrer festen Korallenbildungen ausscheiden, mit dem Verhältniss von 247 : 10.000 vorhanden ist, während sich ein Maximum desselben von 371 : 10.000 im Kattegat zeigt, wo zahlreiche Flüsse Kalksalze dem Meere zuführen. Für den atlantischen Ocean gaben 17 Analysen ein Verhältniss von 297 : 10.000, und zwischen den Faroen und Grönland wird dasselbe Verhältniss zu 300 : 10.000 festgestellt.

Es erhellt aus diesen Angaben dass der Kalkgehalt im caspischen Meere in seinem quantitativen Verhältniss zu dem Chlor der Chlorverbindungen in demselben, denjenigen des atlantischen Oceans wenigstens um das Doppelte übertrifft. Für den Magnesiagehalt besteht dagegen ein Verhältniss zwischen dem Ocean und dem caspischen Meere wie 1 : 1,5.

Wird dagegen dieser anscheinend so bedeutende Gehalt an Magnesia und Kalk im caspischen Meere *nicht relativ* zum Chlornatrium, sondern in seinem *absoluten Mengenverhältniss für gleiche Wasserquantitäten* in das Auge gefasst, so zeigt sich dass das caspische Meerwasser an Erden effektiv bei Weitem ärmer ist als die oceanischen Wasser.

Ich wähle für diesen Vergleich wieder die auf 1000 Theile berechnete Zusammensetzung des atlantischen Meerwassers von Schweitzer, und stelle dieselbe mit dem *Mittel* aus meinen Analysen und der des Seewassers von Tjuk Karagan von Herrn Mehner zusammen, wobei das von ihm angegebene Chlorkalium mit dem Chlornatrium als verbunden angenommen ist.

---

1) The geological observer by de la Beche. London, 1853, pg. 109.

2) Forchhammer Memoirs of the Brittish association for the advencement of scienc. Vol. XV. p. 90.

In 100 Theilen Wasser:	atlant. Meer.	casp. Meer.
Chlornatrium	27.0594	8.5772
Chlorcalcium	0.7655	
Chlormagnium	3.6665	0.3156
Brommagnium	0.2929	
Schwefelsaure Magnesia	2.2957	3.1762
Schwefelsaure Kalkerde	1.4066	0.9073
Kohlensaurer Kalk	0.0330	0.2702
Spuren von Jod- und Ammoniak; Wasser	964.7437	986.7535
	1.000.0000	1.000.0000

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass wenn 1000 Thl. des atlantischen Meerwassers 3,66 Thl. Chlormagnium und 2,29 schwefelsaure Magnesia enthalten, in gleicher Quantität caspischen Meerwassers nur 0,31 Thl. und 3,17 Thl. dieser Salze vorhanden sind, und dass der Gesammtgehalt der Erdsalze in der ersteren Wasserquantität 7.6947, in der zweiten aber nur 4.6693 Theile beträgt, unter gleichzeitigem Vorhandensein von nur 8.57 Theilen Chlornatrium.

Es ist klar dass die hier angedeuteten Werthe vorzugsweise zu berücksichtigen sind wenn es sich um eine Untersuchung der möglichen Grösse irgend welcher Niederschlag's Effecte handelt, die in der Gegenwart etwa noch von dem caspischen Meere in seiner Totalität ausgehen könnten.

Richtet sich die Untersuchung aber auf abgeschlossene Salzseen oder unvollständig isolirte Meerwasserbassins längs der Küste, wo die Wirkungen der Verdunstung nur periodisch und unvollkommen wieder compensirt werden, so wird man auf die relativen Mengenverhältnisse der einzelnen Salzverbindungen im caspischen Meerwasser zurückgehen müssen um die vorkommenden bedeutenden Anomalien in der Zusammensetzung der Wasser jener Seen als alleinige Resultate von Umbildungsprocessen richtig zu deuten, welche der Wechsel extremer Temperaturen in einer sich langsam concentrirenden Salzlösung wie diejenige des caspischen Meeres nothwendig hervorbringen muss.

II.

Untersuchung des Wassers vom Urmiasee.

Dass der heutige See von Urmia in der Landessprache Shahi (Shahey) genannt und von allen Reisenden als das todte Meer Persiens bezeichnet, ein Salzsee ist, wusste schon Strabo, denn er erzählt von dem bei ihm Spauta genannten See im persischen Aderbadagan (Atropatene) (ἡ λίμνη Σπαῦτα XI fol. 523), dass sich auf seinem Wasser fortwährend eine Salzkruste bilde, dass der Genuss dieses Wassers Jucken der Haut und Bauchgrimmen veranlasse, dass, wenn man Kleider in dieses Wasser tauche, so werden sie verzehrt und mürbe, süsses Wasser diene als Gegenmittel und dergleichen mehr.

Monteith, Ker, Porter, Morrier, Fraser und neuere Reisende nach ihnen, unter welchen Moritz Wagner [1]) und Loftus [2]) sich vorzüglich um die Geologie der Umgebung jenes Sees verdient gemacht haben, berichten vielfach von der starksalzigen Beschaffenheit des Urmiaseewassers, welche die Existenz der Fische und Mollusken in demselben unmöglich macht, das Dasein zahlreicher Crustaceen aber gestattet. Indessen hat bisher noch keine genaue Untersuchung über die chemische Zusammensetzung des Wassers jenes merkwürdigen Seebeckens eine genügende Auskunft gegeben. Zu Anfang des Sommers im Jahre 1852 bei Djoulfa die persische Grenze überschreitend, hatte ich die Absicht über die Verbreitung und weitere Fortentwickelung der palaeozoischen Formationen mit den in Armenien dieselben unmittelbar überlagernden Gliedern der Kreide, und der Tertiairformation in südlicher und südöstlicher Richtung vom Ararat mir diejenige Gewissheit zu verschaffen, welche die Zwecke einer geognostischen Karte des armenischen Hochlandes, mit besonderer Beziehung auf die näheren und ferneren Araratumgebungen, erforderten. In Tabriz mit sehr befriedigenden Wahrnehmungen für meinen Zweck auf meiner Reise über Marand angelangt und mit der Untersuchung des Sehend-Gebirges beschäftigt, erkrankte ich Ende Juni am Fieber und sah mich genöthigt den weitern Verfolg eines Planes aufzugeben, der mich längs des Urmiasees, nördlich über Khoi und Maku, in das palaeozoische Gebiet am Südfuss des Ararat zurück geführt und mir, nächst der eigenen Anschauung von den Naturverhältnissen des Urmiasees, auch die gewünschten Materialien zur Untersuchung seines Wassers geliefert haben würde. Durch diesen Unfall der

1) Moritz Wagner: Reise nach Persien. Tom. II, 128 u. 165.

2) On the geology of portions of the Turko-Persian frontier by William Kennet Loftus. Quarterly journal of the geological society. August 1, 1855, pg. 306.

mir drei kostbare Monate raubte blieb meine Kenntniss von den geognostischen Verhältnissen der Hochebene von Tabriz mit den sie umringenden Gebirgen, nur auf die östliche Hälfte derselben beschränkt. Nur der Fernblick auf den jene Ebenen westlich begränzenden Urmiasee wurde mir von den Gipfeln der Michou-daghi südwestlich von Marand, der Merou-daghi im Osten von Soffian und des Sehend-Kuh südlich von Tabriz.

Von den genannten Standpunkten erblickte ich durch den die Atmosphäre in constanter Trübung erhaltenden brouillard sec einen bedeutenden Theil des grossen von S-N gerichteten Wasserbeckens, deshalb deutlich, weil die Zone eines salzimprägnirten Bodens sich wie ein breites weissschimmerndes Band der Uferlinie angelegt zeigte.

Dem wissenschaftlichen Interesse des Herrn Staatsrath Khanykof in Tabriz, von dessen fortgesetzten Reisen die physikalische und kartographische Kenntniss von Nord-Persien bald schätzbare Erweiterungen zu erwarten hat, verdankte ich im Frühjahr des vergangenen Jahres den Erhalt einer nicht unbedeutenden Quantität von Urmiaseewasser. Durch Vermittelung eines sachkundigen Mitgliedes der nordamerikanischen Mission zu Seïr bei Urmia, waren 3 Flaschen mit dem an einer passenden Stelle des westlichen Seeufers im Februar gefüllten Seewasser auf das Beste verkorkt, in zugelötheten Blechkapseln nach Tabriz und von dort nach Tiflis geschickt worden.

Der Empfang dieser Flaschen setzte mich nun in den Stand eine Reihe von chemischen Untersuchungen vorzunehmen, welche hinsichtlich der Zusammensetzung des Urmiaseewassers zu Resultaten geführt haben, auf welche ich näher eingehe. Bei diesen Untersuchungen leiteten mich dieselben Methoden und Grundsätze, die ich in dem Vorhergangenen angegeben habe.

Das specifische Gewicht des über einen leichten Präcipitat von feinem Thonschlamme völlig geklärten Wassers, fand ich nach wiederholten Wägungen in allen Flaschen übereinstimmend 1.175 bei 15° R. Die Wägung des vermittelst des feinen pg. 7 erwähnten Aräometerapparates von Greiner ergab 1.176.

Nach vorhergegangener Ermittelung der absoluten Mengen der Säuren und Basen in besonderen Wasserquantitäten, habe ich die Zusammensetzung des Seewassers auf Grundlage einer systematisch durchgeführten Analyse von 27.534 grm. wie folgt gefunden

Elemente.		Verbindungen.			In 100 Th. Wasser.
Chlor	= 3.4932 NCl	= 5.2350	= 2.0710 Na	+ 3.1619 Cl	= 19.01 %
Schwefelsäure	0.2558 MgCl	0.4210	0.1099 Mg	0.3111 Cl	1.52 »
Natron	2.7827 S	0.0203	0.0084 Ca	0.0119 S	0.07 »
Magnesia....	0.3027 Mg. S	0.3680	0.1240 Mg	0.2439 S	1.33 »
Kalk.....	0.0104 KaCl	0.0166	0.0086 Ka	0.0080 Cl	0.14 »
Spuren v. Bromverbindungen.					
	= 6.8448	= 6.0609	= 2.3219	+ 3.7368	= 22.07 %
			6.0587.		

Für den Zweck einer controllirenden direkten Bestimmung des Procentgehaltes an festen wasserfreien Salzen im Urmiaseewasser, wurden 29.695 grm. desselben im Wasserbade in einer Platinaretorte bis zum Erhalt eines trocknen Salzgemenges von 7.566 grm. abgedampft. Die aus dem letzteren durch anhaltende Hitze ausgetriebenen flüchtigen Stoffe gaben, in einer durch Silbersolution abgesperrten Vorlage verdichtet, 0.582 grm. eines sauren gelblichgefärbten Destillats, welches eine ölartige, etwas nach Kreosot riechende Substanz aufgelöst enthielt. Die Silbersolution, welche zur Absperrung der Vorlage gedient hatte, brachte in der Verdünnung des sauren Wassers einen Niederschlag von 0.402 Chlorsilber hervor, der 0.103 Chlor entsprach.

Das Gewicht des geschmolzenen Salzgemenges war	6.512 grm.
Dasselbe des ausgeschiedenen Chlors	0.103
	6.615 grm.

Hiernach würde das Urmiawasser also 22.28 % feste wasserfreie Salze in Auflösung enthalten.

Das Schwanken der Resultate die ich bei Wiederholung dieses Verfahrens erhielt, ist nur eine Bestätigung der Unsicherheit, welche einer jeden direkten Bestimmung des Procentgehaltes der Lösung eines sehr zusammengesetzten Salzgemenges, zumal wenn es Chlorverbindungen enthält, durch Abdampfen entgegen tritt; und eben deshalb halte ich den durch die Berechnung d. h. indirekt gegebenen Procentgehalt des Kochsalzes im Urmiaseewasser d. h. 22.07 für den allein richtigen.

Die Zusammensetzung dieses Salzes in 100 Thl. ist mit Vernachlässigung des Brom die folgende:

Chlornatrium	= 86.37
Chlormagnium	6.94
Gyps	0.34
Schwefels. Magnesia. . . .	6.08
Chlorcalcium	0.27
	100.00

Um nun auch die Mutterlauge aus dem Urmiaseesalze in beliebigen Vergleich stellen zu können, unterwarf ich 9013 grm. des Seewassers einem langsamen Soggeprocess, der 1912 grm., mithin 21.23 % eines weissen grobkörnigen Kochsalzes lieferte. Die zurückgebliebene Lauge, so weit sie mechanisch von dem krystallisirten Salze getrennt werden konnte, betrug den fünften Theil vom ursprünglichen Volum der versoggeten Wasserquantität, und zeigte ein specifisches Gewicht von 1.2426.

a giebt die Zusammensetzung dieser Lauge und b den Procentgehalt des in derselben aufgelösten Salzgemenges.

	a.	b.
Chlornatrium	= 18.32	= 63.83
Chlormagnium	3.91	13.60
Schwefels. Natron und Kali . .	3.67	12.78
Schwefels. Magnesia	2.80	9.75
Wasser	71.30	0
	100.00	100.96

Alle Erfahrungen welche über die Verbreitung und die oft so überaus merkwürdigen Lagerungsverhältnisse des Steinsalzes an der Erdoberfläche bekannt geworden sind, haben zu der Ansicht geführt dass das Steinsalz als *eine wirkliche Gebirgsart* zu betrachten ist. Diese Ansicht hat die Unterscheidung zwischen einem derben ursprünglich gebildeten und einem secundären d. h. solchem Steinsalz nothwendig gemacht, welches entweder auf seiner primitiven Lagerstätte umgebildet worden, oder auf ganz neuen, oft von der ursprünglichen entfernten und mit dieser in keinem nothwendigen Verhältniss stehenden Lagerstätten entstanden ist.

Bei dem ursprünglich gebildeten Steinsalz, der eigentlichen Gebirgsart, zeigen sich nicht selten solche Lagerungsverhältnisse, d. h. solche räumliche Beziehungen zu den andern Gebirgsarten, welche dasselbe einschliessen, dass die Entstehungsgesetze geschichteter Gebirgsarten, auf solches Steinsalz entweder gar keine oder nur eine höchst gezwungene Anwendung finden können [1]).

Das derbe ursprünglich gebildete Steinsalz nähert sich von Seiten seiner chemischen Constitution am Meisten dem reinen Chlornatrium, und wenn auch eine Einwirkung der durch Wasser herbeigeführten schwefelsauren Kalkerde, auf das Steinsalz unmittelbar bei, oder sogleich nach der Entstehung desselben sich einstellte, die niemals an der Peripherie der Steinsalzlagerung gefehlt haben wird, so kommt doch in dem Innern des derben Steinsalzgebirges ein Gehalt an schwefelsauren Salzen nicht vor.

Das Steinsalz von secundärer Lagerstätte zeigt dagegen eine niemals fehlende mehr oder minder starke Beimengung von salzsauren und schwefelsauren Erden, und zerfällt in 2 naturgemässe Abtheilungen, 1) solches welches Chlorcalcium und Chlormagnium aber dann keine schwefelsauren Salze und 2) solches welches kein Chlorcalcium sondern schwefelsaure Salze neben Chlormagnium, zuweilen auch Glaubersalz enthält. Von diesen Praemissen von geologisch folgereicher Bedeutung, so wie von dem, durch die vorstehende Analyse gegebenen Bilde der Zusammensetzung des Urmiaseewassers ausgehend, zeigt sich dass dasselbe als die beinahe concentrirte Auflösung eines Steinsalzes von secundärer Lagerstätte und zwar derjenigen Abtheilung zu betrachten ist, deren Salz durch Chlormagnium und schwefelsaure Talkerde verunreinigt ist.

1) Das Steinsalzgebirge von Cardona. Dufrénoy ann. des mines 3-eme serie II. 21. Das Steinsalz von Bex. v. Buch. Poggend. ann. III. 75. Das Steinsalzgebirge in Schwaben. Karsten, Salinenkunde. I. p. 308.

Ein Hinblick auf die geologischen Verhältnisse der Urmiaseeumgebung wird die Herkunft jenes Salzes schnell erkennen lassen.

Das flache Becken des wenig tiefen Urmiasees, welches sich längs des westlichen Abhanges kahler und niedriger Gebirge erstreckt, die als Glieder der Zagros-Erhebung südöstlich in das kurdistanische Alpenland hinüberführen, hat keinen Abfluss, obschon es bei einem Wasserspiegel von 4378 engl. Fuss [1]) über dem Meeresniveau die Flüsse und Bäche der ganzen Westhälfte der hohen Plateaulandschaften von Azerbeidjan empfängt.

Das Vorkommen des Steinsalzes in den Vorbergen der Gebirgsketten und Gebirgssysteme welche das Innere von Persien einschliessen, findet als Folge eines Naturgesetzes von allgemeiner Gültigkeit auch seinen Ausdruck in Azerbeidjan. Daher der bekannte Salzreichthum dieser nördlichsten Provinz von Persien, daher die salzige Beschaffenheit vieler Flüsschen und Bäche, welche von mehreren Seiten dem Urmiasee das Salz zuführen, was ihre Wasser eben so gut vom Steinsalz auf primitiver wie auf secundärer Lagerstätte aufgelöst haben können.

Bekannt sind die ergiebigen Steinsalzgruben welche in geringer Entfernung vom See nicht weit von den berühmten Marmorquellen bei dem Dorfe Daschgesan [2]) noch innerhalb der Vorberge des Sahandgebirges auftreten an dessen ursprünglichem, von Trachytkegeln durchbrochenem geognostischen Bau paläozoische Formationen neben jüngeren Theil nehmen [3]). Sehr begründet erscheint die Vermuthung, dass dieses Steinsalz ein und derselben Formation von sehr bedeutender Ausdehnung angehört. Es wäre dasselbe somit als ein Glied in der grossen Kette gleichartiger Bildungen aufzufassen, welche die Wirkungen gleichzeitiger Erhebungen sind, wodurch die geologische Entwickelung der Gebirgsparallelen des Zagrosystems innerhalb der Molassenperiode vollendet wurde [4]).

Bei aller Dürftigkeit unserer geognostischen Kenntniss dieser mächtigen Parallelketten von Luristan welche die Richtung und Lage des persischen Golfs bestimmen steht das durchgreifende Verhandensein des Steinsalzes als Gebirgsart innerhalb des Zagrossystems eben so ausser Zweifel wie dasselbe längs dem Fuss der Elbruz und Hindou Koh Gebirgsketten am Nordrande des iranischen Plateaulandes mit seiner grossen Salzwüste zwischen Teheran und Mesched.

Ainsworth beweist dasselbe Vorkommen im ganzen Querdurchschnitt des *Zagros*gebirges zwischen Abusheer, Schiras und Kerman grade in dem Meridian wo der fortdauernden Niveauveränderungen unterliegende Salzsee Backtegan oder Derja i Nemek zwischen 29°, 30′ der Breite südlich von den Ruinen von Persepolis eine Wiederholung des Urmiasees im 37°, 38′ lati. im kleineren Maasstab darstellt [5]).

---

1) Nach den hypsometr. Bestimm. des Herrn Khanykhof. Guguertchine kala 4378. Sououdji-boulak 4418 engl. F.
2) Ker-Porter, travels II. 245. 596. M. Wagner II. 85.
3) Czarnotta Jahrb. d. K. K. Reichsanstalt, 1852. III. No. 2. p. 111.
4) Kennet. Loftus l. c.
5) Ousely travels in the East more particular Persia. 1819. II. 168.

Die Ansicht Ainsworth's, dass die Gebirgsformation tertiair sei, welche die Steinsalzberge von Darab und Yezd auf der Nordostseite und die von Dalaki nebst dem Salzgebirge Kouh i Nemek zwischen Schiras und Firuzabad auf der südwestlichen Seite der Zagrosketten einschliesst, findet nach meinen Untersuchungen sowohl Anwendung auf die Steinsalzformation in der Urmiaseeumgebung, wie auch auf die, welche weiter nördlichen Gebirgserhebungen angehören, durch welche die Quellengebiete und Flussläufe des Araxes und Euphrat bestimmt und begränzt werden.

Die palaeontologische Facies eines gelblichen marmorartigen Kalksteins der innerhalb der ganzen Umgebung des Urmia-Sees in mächtiger und felsiger Entwickelung erscheint und auch den Grundbau seiner bedeutenden Felsinseln bildet, führt dieses Gestein, meinen bald mitzutheilenden Untersuchungen zufolge, in ein und denselben geognostischen Horizont mit der mittleren Meeresmolasse von West-Europa.

Die Verbreitung der schönen marmorartigen, Foraminiferen reichen Kalke der Urmiaseeumgebung und diejenige den letzteren verwandter thonreicher Kalke mit übereinstimmenden Fossilien, ist von mir im Chanat von Maku wie zwischen Erzerum und Aschchala auf dem Wege nach Erzingan erkannt worden. Aequivalentbildungen an vielen Stellen des westlichen Kleinasiens sind durch die Mittheilungen des Herrn v. Tchihatschef unzweifelhaft gemacht worden.

Ein tieferes Eingehen auf die geologischen Verhältnisse, unter welchen das Steinsalz weiter nördlich in Armenien auftritt, läge hier nahe. Die geologischen Beziehungen würden anzudeuten und zu erörtern sein, unter welchen dieses Vorkommen zumal innerhalb des Araxes-Thales bei Nachitschevan, Gerger, Kulpi und Kagisman, sich zu trachytischen Eruptivgesteinen und deren regelmässig geschichteten Trümmerbildungen befindet, welche durch rothe stark eisenschüssige Sandsteine allmählig in auflagernde bunte Mergel überführen, die als Fundamentalschichten heller Mergel und Salzthone mit Steinsalz, viel krystallinischen Gyps und schwefelsaures Natron, aber kein Chlornatrium, enthalten.

Der specielle Zweck des gegenwärtigen Aufsatzes weist demselben indessen Gränzen an, welche die Entwickelung dieses Gegenstandes von umfassender geologischer Bedeutung nothwendig zu weit überschreiten müsste. Mit der Absicht, an einem geeigneteren Orte bald umständlich auf dieses Thema zurückzukommen, wende ich mich mit einigen Schlussbemerkungen noch einmal zum Urmiasee zurück.

Der, wie ich glaube, aus dem Vorstehenden sehr wahrscheinlich gewordene Satz, dass das Urmiaseewasser als eine concentrirte Auflösung von Steinsalzmassen zu betrachten ist, die entweder in der Nähe des Sees oder gar unter demselben vorhanden sind, regt die Frage an, ob hier nicht vielleicht der Bildungsprocess eines neuen secundären Steinsalzlagers noch in der Gegenwart vor sich geht? Auf den ersten Blick scheinen die wesentlichsten Bedingungen für diese Annahme in der fortwährenden, wenn auch verhältnissmässig nur schwachen Hinzuführung neuer Salzquantitäten durch die aus der Ferne kommenden Flüsse gegeben; unter diesen ist der Adji-tschai, der die salzhaltige Ebene im Südwesten des Sabalansystems durchströmt und mit einem zweiten ihm parallel laufenden Salzflusse, ohnweit der Halbinsel Schahi, das Ost-

ufer des Urmiasees erreicht, der wichtigste. Andere von Norden dem See zugeführte Salzbäche gesellen sich ihm zu, möglicher Salzquellen auf dem Seeboden selbst nicht zu gedenken [1]).

Aus den vorhandenen geognostischen Beweisen eines grösseren Areals welches der See in jüngerer Zeit besessen hat, wird es allerdings glaublich, dass der Effect der Verdunstung, der durch künstliche oder natürliche Veranlassung bedeutende Schwankungen erleiden kann, denjenigen des Zuflusses continuirlich übertreffe und somit eine Ausscheidung von krystallinischem Chlornatrium auf dem Seeboden nothwendig stattfinde.

Auf der andern Seite bietet das noch immer mässige Mengenverhältniss in dem sich die Salze der Bittererde zu dem Chlornatrium im Seewasser befinden, chemische Gründe dar, welche der obigen Vorstellung eines continuirlichen Salzabsatzes auf dem Seeboden weniger günstig sind. Als Folge dieses Absatzes würde man in der chemischen Constitution des heutigen Urmiaseewassers eine Annäherung an die Zusammensetzung der Mutterlauge (unter pg. 25) erwarten müssen, wovon dasselbe zur Zeit noch weit entfernt ist.

Bei dem Mangel aller übrigen, für die Lösung der hier berührten Frage nothwendigen Beobachtungen, die sich namentlich auf die Untersuchung der Beschaffenheit des Seebodens selbst richten müssen, räth indessen die Gefahr, sich in ein Gebiet unfruchtbarer Hypothesen zu verlieren, den Gegenstand vor der Hand auf sich beruhen zu lassen.

Zulässiger und für Vergleiche brauchbarer erscheint es dagegen durch Anwendung der, vermittelst der Analyse gewonnenen Werthe und auf Grundlage der Berechnung zugänglicher Raumverhältnisse, sich ein annäherndes Bild von der Quantität festen wasserfreien Salzes zu verschaffen, welches der Urmiasee gegenwärtig etwa in Auflösung enthält.

Aus dem specifischen Gewichte des Urmiaseewassers von 1.175 und des durch Abdampfung dieses Wassers erhaltenen und hierauf geschmolzenen Salzes von 2,259 bei 15° R. folgt, dass das in einer Wasserschicht von 1 pr. Fuss Höhe enthaltene Salz einer Schicht von 1.378 pr. Zoll Höhe festen Steinsalzes von dem so eben angegebenen specifischen Gewicht entsprechen würde. Durch Rechnung findet sich die Oberfläche eines Vierecks, zwischen 37° 30′ und 38° 30′ nördl. Breite und 63° 30′ bis 64° 30′ östl. Länge, gleich 8544.7 Quad.-Werst, oder 176,59 geogr. Quadrat-Meilen. Auf Grundlage der Contouren, mit welchen Herr Kiepert auf seiner neuesten Karte von Nordpersien [2]) den Urmiasee verzeichnet, giebt die Anwendung der Wägungsmethode das Verhältniss zwischen den Oberflächen eines Vierecks von den so eben angegebenen Dimensionen und des Urmiasee's wie 1:0.4622. Demzufolge ist die Oberfläche des See's 4118,5 Quadrat-Werst, oder 81.61 geogr. Meilen. Eine Wasserschicht von 1 Fuss Höhe, deren Basis dem Areal des Urmiasee's gleich sein würde, enthält somit 5238373254 pr. Cub.-Fuss Salz, dem Volumen nach einem Steinsalzwürfel von 1736.7 pr. Fuss oder 1788.1 engl. Fuss entsprechend. Monteith, der mehrere Jahre an den Ufern des Urmiasees verlebte und

1) Loftus, quarterly Journal. Aug. 1855. No. 43. pag. 307.

2) Karte der Kaukasus-Länder mit den angränzenden türkischen und persischen Provinzen Armenien, Kurdistan, Azerbeidjan von Kiepert 1854.

denselben nach allen Richtungen beschiffte, redet von der grossen Seichtigkeit desselben und hebt die terrassenförmig zunehmende Tiefe des See's gegen Osten hervor. Nach Monteith's Messungen vertieft sich der See vom Westufer ab, aber sehr allmählig und mit terrassenförmigen Absätzen von 3 Fuss bis 8, 12, 18 und 22 Fuss, welche Tiefe innerhalb der ganzen südlichen Hälfte des See's, wo der Boden desselben ganz eben ist und aus weichem oder härterem Thon bestehen soll, das Maximum darstellt. Die grösste Tiefe des See's fand Monteith in der nördlichen Hälfte desselben zu 45 Fuss. Will man, in Uebereinstimmung mit diesen Angaben, die Darstellung Rawlinson's von einer mittleren Tiefe des Urmiasee's von 12 Fuss gelten lassen, so dürfte die Annahme der Wahrheit vielleicht am nächsten kommen, wonach das Volum des Urmiaseewassers einer Wasserschicht von der Oberfläche des Sees und 8 Fuss verticaler Höhe gleichzusetzen ist. Unter dieser Voraussetzung würde die vollständige Ausscheidung des im Urmiasee aufgelösten Steinsalzes die vorhin berechnete Salzschicht von 1,378 Zoll auf 11,024 Zoll erhöhen und im Gesammtvolum einen Würfel von 3473,5 pr. Fuss oder 3576,7 engl. Fuss darstellen können.

Diese nur auf den ersten Blick überraschende Grösse erscheint völlig naturgemäss, sobald man mit der Auffassung des Steinsalzes als Gebirgsart die absolute Grösse des Antheils berücksichtigt, den dasselbe an dem geologischen Baue der Mehrzahl der Gebirge aller Welttheile überhaupt zu nehmen pflegt. In Vergleich zu den mächtigen Steinsalzstöcken, welche innerhalb der Randgebirge der westlichen Stufenländer des iranischen Hochlandes längs des Nord- und Südabfalles jener grossen Gebirgsketten bereits bekannt geworden sind, ist die Salzmenge des Urmiasees nur als eine mässige Grösse zu betrachten. Noch kleiner wird diese Grösse z. B. im Verhältniss zu den Steinsalzmassen welche auf beiden Seiten der grossen Massenerhebung des Himalajah gleichsam in Spalten aufgestiegen zu sein scheinen — dahin gehört unter andern der Steinsalzreichthum der Salzketten von Kallabaugh [1]) im Süden des Himalajah; dieselben nehmen ihren Anfang im südöstlichen Theile von Kabulistan am 14.000 Fuss hohen Sufeid Koh; in ihrer Forterstreckung von NW nach SO werden sie vom Indus bei Kallabaugh durchbrochen, wo die Strasse auf langer Erstreckung in 100 Fuss hohe Steinsalzfelsen eingehauen ist, die aus dem blutrothen eisenschüssigen Terrain wild emporstarren.

Beginnend unter dem 68° der Länge, endigen diese Salzketten erst am Hydaspes unter 71° Länge. Nicht minder bedeutend und bedeutsam für die Entstehungsweise des Steinsalzes überhaupt ist das Vorkommen dieses Mineral's längs der nördlichen und südlichen Ränder des Karpathen-Gebirges; gewissermassen die europäische Salzkette, welche nahe dasselbe Streichen wie die indische Salzkette besitzt. Den entblössten, Meilen lang fortziehenden Salzbergen Siebenbürgens [2]), welche Thäler einschliessen mit steilabstürzenden mehrere 100 Fuss hohen Wänden von reinem Steinsalz, entsprechen die in der Tiefe verborgenen mächtigen

1) Elphinstone, account of the kingdom of Cabul. new. ed. Lond. 1839. pag. 137 u. Tom. II. 50. — Burnes travels into Bokhara. Lond. 1834. Tom. I. pag. 50. Description des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde par d'Archiac et Jules Haimes. 1-ère livraison. 1853. pag. 173.

2) Karsten, Lehrbuch der Salinenkunde. Tom. I. pag. 519. — Fichtel, Geschichte des Steinsalzes und der Steinsalzgruben im Grossfürstenthum Siebenbürgen. Nürnberg 1780.

Steinsalzmassen, welche auf dem langen Zuge von Tyrawa Solna in Galizien bis zur Bukowina durch Bohrung erreicht, (Leonhard und Bronn neues J. für 1845 pg. 286) und bei 261 Fuss Mächtigkeit noch nicht durchsunken worden sind. So streicht als eine ungeheure Steinsalzmasse der Salzstock von Wieliczka unter der Erdoberfläche nach Art eines Gebirges fort. Die Steinsalzgrube zu Langro in Calabrien, in welcher 1200 Stufen immer im reinen Steinsalz abwärts führen, zeigt, dass das Steinsalz als Gebirgsart auch auf der Ost- und Westseite des Appennin nicht fehle [1]).

Es sind dies geologische Verhältnisse, welche in den peruanischen und bolivischen Anden, die in Bezug auf Steinsalzreichthum von keinem andern Gebirge der Welt übertroffen werden, in noch grösserem Maassstabe auftreten.

Wie die tinkal- und steinsalzreichen Seen in Tibet und Ladakh, unter welchen der Teshu Lumbu ohne Zufluss, den Salzquellen nähren, der berühmteste ist [2]), so bietet in den Anden der Salzsee von Titicaca, dessen Höhe mit dem Gipfel des kleinen Ararat in einem Niveau liegt, mit einer Länge von 218 englischen Meilen und einer Breite von 150 Meilen in steinsalzführendem palaeozoischen Gebirge eingesenkt [3]), ein analoges Verhältniss wie der Urmiasee, wenngleich in gigantischem Maassstabe dar. Ebenso ist die Steinsalzmasse, welche zu Abingdon in Süd-Virginien von mittleren Silurschichten eingeschlossen wird, mit einer Mächtigkeit von 186 Fuss noch nicht durchbohrt worden. Hayden Silliman amer. Journ. XLIV. 173. Vanuxem ebendaselbst p. 280 und Featherstonhaugh excursion in the slaves states. Lond. 1844. I. 136.). Die ungeheuren Steinsalzablagerungen von Maynas an beiden Ufern des Huallaga [4]), zwischen Maynas und Moyabamba, befinden sich auf secundärer Lagerstätte, wie das Steinsalz welches in festen Massen aus den Salzseen der Hochebene von La Paz gehauen wird. Andrews journey II 136. Das Steinsalz von Huaura auf dem Westabfall der bolivischen Anden (Poggendorf Ann. 18. p. 341) steht zu Trachytporphyren in ähnlicher geognostischer Beziehung wie die Steinsalz- und Natronsalpeter-Ablagerungen in der peruanischen Landschaft Tarapaca, dem nördlichen Theile der grossen bolivischen Küstenwüste von Atacama [5]), zu andern krystallinischen Eruptiv-Gesteinen. Ich gedenke hier noch der Wahrscheinlichkeit eines genauen Zusammenhanges welcher die Steinsalzablagerungen auf eine Entfernung von 100 Meilen verbindet, die am Ilek und zu Solikamsk parallel mit dem Ural in Tiefen niedersetzen, wofür in Iletzkaja Zastschita ein Aufhören noch nicht gefunden ist [6]).

Mit der Erwähnung der Elton- und Bogdoseen [7]) im und auf Steinsalzgebirge beschliesse ich die Reihe von Parallelen, welche der am Eingange angedeuteten Ansicht das Wort reden,

---

1) Pilla, bulletin de la soc. géolog. de France VIII. p. 199.

2) Moorkroft, journey. London 1812. pag. 438. Turner, ambassade au Thibet et au Butan. II. 175.

3) Karsten, Lehrb. l. c. Tom. I. pag. 808.

4) Pöppig's Reisen in Chile und Peru. Tom. II. pag. 308. 336.

5) Karsten, l. c. p. 814. — Blake, biblioth. de Gen. XVI. pag. 133. — Amer. journ. Oct. 1840.

6) Murchison, Geology of Russia Tom. I. pag. 184. Erman, Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland. T. II. pag. 308.

7) Göbel, Reise in den Steppen des südl. Russland. I. p. 316.

die in dem Urmiasee die concentrirte Auflösung des integrirenden Theiles einer zusammenhängenden Steinsalzmasse erkennt, welche auf der Nordseite des Zagros-Gebirges von Urmia bis Schiraz, die Erscheinung der Salzketten der Karpathen und der indischen Gebirge wiederholt. Ein- und demselben geognostischen Horizonte angehörig, werden die Steinsalzmassen dieser drei erwähnten Gebirgszüge von der Nummulitenformation unterlagert [1]); sie sind geognostisch auf das Engste verbunden mit mächtigen Bildungen rother eisenschüssiger Sandsteine und Gypsreicher Mergel, deren mitteltertiaire Stellung in Kleinasien, Persien und Indien nicht mehr zweifelhaft ist [2]).

1) Beyrich, Oberschlesien und das Gebirgssystem der Karpathen in dem Archiv für Geogr. u. Mineral. XVIII. pag. 51. Kennet, *Loftus* l. c. pag. 270. Hamilton, on the geology of Asia Minor., quarterl. journ. No. I. 1849. pag. 371. Haime et d'Archiac, animaux fossiles du terrain nummulitique de l'Iinde pag. 165.

2) Kennet, *Loftus* l. c. pag. 254. Hamilton's Reisen in Kleinasien übers. v. Schomburgk. I. p. 350. 457. II. 215. 238. Derselbe l. c. quarterly Journ. Nov. I. 1849. pag. 373. Ainsworth, journey from Angora et Journ. of the geogr. soc. Tom. X. pag. 266, etc.

III.

Ueber den Vansee und die Zusammensetzung seines Wassers.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass der heutige Van oder Ardjisch-See derselbe See ist, den Strabo in West-Armenien unter den Namen Mantianae anführt und den Ptolomaeus Arsene (Arsissa) nennt. Strabo sagt XI. 529. «Auch grosse Seen gibt es in Armenia; einer heisst Mantianae oder Kyaneane, das ist der meerblaue; er soll nach dem Palus Maeotis der grösste der salzigen Seen sein; er reicht bis Atropatia und hat auch Salzwerke.» Schon zu Ptolomaeus Zeiten gab die noch heut vorhandene Stadt Ardjisch Αρσησα dem See den Namen, und selbst die astronomischen Bestimmungen des Ptolomaeus sind für die Ermittelung der wirklichen Lage nicht ohne relativen Werth[1]). Der Name Van entstand innerhalb der christlichen Zeitrechnung; die armenische Sage nennt einen König Van, der vor dem Einfall Alexanders M. in Vorderasien die damals schon verfallene Shemiramagerd die heutige Stadt Van wieder aufgebauet und mit seinem Namen belegt haben soll[2]). Die bassinartige Einsenkung welche den Vansee einschliesst, liegt in der Mitte des hohen Plateaulandes, wo die Gebirgsparallelen des, vom südöstlichen Persien in der Richtung von SO—NW streichenden Zagrossystems[3]) mit denen des Taurussystems in einen grossen Gebirgsknoten zusammentreten; nach Ritter's naturgetreuem Ansdruck physiognomisch charakterisirt durch das Vorherrschen von Tafellandschaften, welche stufenförmig zwischen zahlreichen Parallelzügen aufsteigen. Der Ostrand dieser grossen Plateauerhebung führt die vom Zagrosgebirge nordwestlich heraufziehende Wasserscheide zwischen dem caspischen Meere und dem persischen Meerbusen durch das kurdistanische Alpenland in nördlicher Richtung gegen den Masis (Ararat). (Moses von Khorne l. c. 11. p. 33. — St. Martin, mémoires historiques et géographiques sur l'Armenie I. p. 48.) Der Nordrand, der als die eigentliche Mittel-Kette des Plateaus von Gross-Armenien mit dem Bingoel

1) Ritter's Erdk. T. IX. pag. 786. Gross-Armenien bei Ptolomaeus V. c. 13 Fol. 134.

2) Tschamscham Hist. d'Arm. T. I. pag. 121. Ritter's Erdk. l. c. p. 787.

3) Ritter's Erdk. T. IV. 58. 110. 131. Diod. Sic. II. 72. Strabo XI. 522. Polyb. V. 44; Plinius H. N. VI. 27. Zagros vom arabischen Ssaghar d. h. enger Pass zwischen hohen Bergen an der Gränze von Feindesland.

Quellengebiet von 10000 Fuss abs. Höhe zu bezeichnen ist, führt die Wasserscheide entschieden in die Richtung von O—W hinüber. Der Südrand wird durch den südlichsten Parallel des eigentlichen Taurus-Gebirges, das Masius-Gebirge (auch Hipotaurus genannt) gebildet, welches als westlichster Ausläufer des Zagros-Systems das Scheidegebirge zwischen Armenien und dem Tieflande Mesopotamien darstellt. — Ritters Erdkunde IX, 132. X, 76. Strabo XI, 522. Masius-Berg (Masu, d. h. Eichenwald). Justinus histor. XLI, 5.

Wie das Becken des Urmiasee's, dem von allen Seiten bedeutende Wassermengen zufliessen, ein für sich bestehendes Wassersystem darstellt, welches keinen Ausfluss besitzt, so bildet auch der Vansee, im Norden durch das basaltische Nimrod-Gebirge von 10000 Fuss und das Trachyt-System des Sipandag von 12000 Fuss Höhe vom Quellengebiet des östlichen Euphratarmes geschieden, und im Süden durch die Schneeketten des Erdosch — den Niphates von Strabo — vom Kurdistanischen Alpenlande getrennt, ein abgeschlossenes alpines Bassin, dessen Wasserspiegel sich 5470 engl. Fuss über dem Meere befindet [1]).

In der westlichen Verlängerung seiner, von O—W gerichteten Längenachse erstreckt sich die eigentliche Haupt- und Centralkette des *südlichen Taurus-Systems*, (Azarah-dagh bei Ainsworth. (Ritter, l. c. T. X, p. 911), an dessen Nordfusse der östliche Euphratarm oder Muradtschai seinen westlichen Lauf durch drei Breitengrade, bis zur Vereinigung mit dem in südlicher Richtung fliessenden Frat, fortsetzt.

Es ist das eigentliche Erzgebirge des Taurus mit einem Kern von Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, verbunden mit Kalkstein, Dioriten, Diallag und Serpentingesteinen [2]). Die ergiebigen Kupfergruben von Arghana und Kjeban-Maden, wie die Silberminen von Maden-Gümüsch befinden sich in diesem taurischen Erzgebirge. Die geologischen Verhältnisse der taurischen Plateau- und Gebirgslandschaften in ihrem Zusammentritt mit dem Zagros-Gebirge sind bis jetzt nur noch unvollkommen erforscht worden.

Im Allgemeinen scheinen Flötzbildungen verbreitet mit vorherrschenden Kalksteinmassen, Mergeln, Sandsteinen und einem Diluvialboden, an dessen Zusammensetzung in vielen ausgedehnten Thalebenen, ursprüngliche wie regenerirte vulkanische Ablagerungen und Trümmerbildungen einen überwiegenden Antheil nehmen [3]). Den Bemerkungen von Ainsworth und Taylor Thomson zu Folge wäre innerhalb des Centralgebietes der eigentlichen Taurusketten die unmittelbare Auflagerung einer jungen Kalksteinformation auf die plutonischen und metamorphischen Gebirgsarten fast gar nicht durch Zwischenlagerung palaeozoischer oder jurassischer Schichten unterbrochen. [4]). Indessen haben ich und Andere seitdem die Mitwirkung palaeozoischer Gebilde an dem Grundbaue der armenischen und iranischen Massenerhebungen in ausgedehntester Weise erkannt. Es steht fest, dass die vulkanischen Systeme

1) Brant, Notes on a journey through a part of Kurdistan. 1838. in journal of the geogr. soc. of London. 1841. Vol. X. P. III. p. 341—342.

2) Ainsworth, Assyria, Babylonia and Chaldea. 1838. p. 267.

3) Ritter, T. X. p. 910. — Kennet Loftus, l. c. p. 315. Section from Bayazid to Ardjish.

4) Journ. of the oyr. geogr. soc. of London. 1838. Vol. VIII. 1. p. 113.

des Ararat, des Sabalan und des Demavend auf den Randgebirgen dieser Plateauländer ein und demselben geognostischen Horizonte angehörige devonische und Bergkalkschichten durchbrochen und wie am Ararat mit doleritischen und trachytischen Laven überströmt haben. Es sind dieselben versteinerungsreichen Schichten die ich in wildester Aufrichtung und Störung mit dem auflagernden Kreide- und Nummuliten-Terrain eben so im Arpatschai-Thale [1]), im Inneren des Daralagez südlich vom Goktschai'see, gefunden habe, wie sie mit unverändertem Streichen von SW—NO, das Araxesthal quer durchsetzend, im engen Thale der Sudja-daghi, am Vereinigungspunkte des Araxes mit dem Aghtschai zwischen den Klöstern Karmir-wank und Surb-Stepan, auftreten und daselbst von der Molasse überlagert, ihre weitere südwestliche Fortentwickelung in der Richtung von Khoi erkennen lassen.

Verbinden sich diese Wahrnehmungen nun noch mit denjenigen die wir Ainsworth [2]) und den Untersuchungen von P. Tschihatschef über die Geologie des waldreichen cilicischen Taurus im Westen der Wasserscheidehöhen zwischen dem Euphratgebiet und den cilicischen Küsten-Flüssen [3]) verdanken, so kann es kaum mehr zweifelhaft sein, dass erweiterte Untersuchungen bald den durchgreifenden Antheil nachweisen werden, den palaeozoische Formationen an dem Grundbau der grossen Plateauländer des mächtigsten Gebirgsknotens von Kleinasien nehmen, auf dessen westlichem Abhange die tiefe Einsenkung des Vanseebeckens eine so bedeutsame Stelle einnimmt. Durch Schulz's Bemerkungen [4]), und die vollständige Umreisung des Vansee welche Brant ausführte, insbesondere aber durch die jüngsten Mittheilungen von William Kennet Loftus [5]) ist es bewiesen, dass diese Einsenkung in einem sehr zusammengesetzten stark dislocirten Terrain stattgefunden hat, an dessen Bildung Nummulitenkalksteine und jüngere Schichten einen wesentlichen Antheil nehmen. Auch die Inseln Agthamar, Arder, Limn und Gdutz bestehen aus dichtem Kalkstein, über dessen Alter aber die Angaben fehlen. Nach diesen Vorbemerkungen wende ich mich nun zu einer näheren Untersuchung der Natur des Wassers, welches das Becken des Vansee's füllt, dessen Oberfläche den Grössenverhältnissen zu Folge, womit die neueste Karte der Kaukasusländer von Kiepert von 1854 diesen See verzeichnet, einen Flächenraum von 3359 □-Werst oder 66,56 geographischen □-Meilen einnimmt.

Unter den Zuflüssen welche der Vansee theils von den in seiner nächsten Umgebung aufsteigenden Gebirgen, theils durch die Flüsse von entfernter gelegenen Quellsystemen empfängt, sind die bedeutendesten: Am Südufer der Bitlistschai, der im Demirdag (Eisenberg) entspringt, der Whastantschai, der Anjeltschai; am Ostufer der Kuschab, von den Alpenhöhen Alibaugh

1) Nicht zu verwechseln mit dem auf türkischem Gebiet nördlich von Alexandropol entspringenden Arpatschai oder Akurean.

2) Ainsworth, l. c. 1. p. 20.

3) Journal de la soc. géol. de France. T. VIII. p. 388. u. T. XI. p. 402.

4) Saint-Martin, Notice sur le voyage littéraire de M. Schulz en Orient. Journal asiatique. Paris 1828. T. II. p. 161—188. — Fr. Ed. Schulz, Mémoire sur le lac de Van et ses environs, im journal asiatique. Paris 1840. Avril, Mai, Juin, p. 260—323.

5) Brant, l. c. — Kennet Loftus, l. c. p. 310—325.

kommend wo auch die Zabquellen liegen, der Schamiramsu, der Kharatschai, der Bendi-Mahisu, der in der Nähe der Stadt Bajazid entspringt. Am Nord- und Westufer fliessen [1]) nur zahlreiche Bäche in den See. Die Angaben über die Natur des Wassers lauten widersprechend. Monteith [2]) nennt das Wasser sehr salzig und bitter; er bezeichnet den Seespiegel als schön blau, an mehreren Uferstellen schwarz, und giebt dem See eine bedeutende Tiefe ohne Tiefenmessungen anzugeben. Southgate [3]) fand das Seewasser brackisch, nicht übelschmeckend, und versichert seinen Durst damit gelöscht zu haben. Brant dagegen fand es ganz salzig [4]). Nach Jaubert sollen die Wasser des Sees alljährlich weiter in das Land eingreifen, dadurch das Culturland sehr schmälern und den Raum der Vorstädte von Van und Ardjisch ungemein verengen [5]). Brant bestätigt diese Behauptungen nicht; er führt an dem Südufer des Sees Alaunefflorescenzen in der Nähe der Mündung des Anjeltschai an und sagt, dass bei dem Dörfchen Arin, am Nordufer des Sees, Soda gesammelt wird, was auf Efflorescenzen von kohlensaurem Natron zu deuten scheint. Die Differenzen in allen diesen Angaben sprechen dafür, dass ein mittlerer normaler Salzgehalt im See durch die Zuflüsse von süssem Wasser locale Abänderungen erleidet und dass periodische, von den Einflüssen der Jahreszeiten nicht abhängige Niveauveränderungen, wie sie bei einem Binnensee ohne Abfluss zu erwarten, auch dem Vansee nicht fremd sind. In biologischer Beziehung ist der Vansee noch ziemlich unbekannt. Jaubert, Monteith und Brant bestätigen die Aussagen älterer Autoren wie Ebn Haukal und Abulfeda, indem sie der einträglichen Fischerei gedenken, die zwischen März und Mai auf eine Sardellenart betrieben wird, welche Teraa oder Taring genannt wird und in grossen Schwärmen den See bewohnt.

Die chemische Natur des Vanseewassers ist erst neuerlich durch Chancourtois [6]) bekannt geworden, auf dessen Analyse ich nach Angabe der Untersuchungen zurückkommen werde, die von mir über die Zusammensetzung des Vanseewassers vor einiger Zeit angestellt worden sind.

Auch das Material für diese Untersuchungen verschaffte mir die dankenswerthe Bereitwilligkeit, womit Herr Khanykof von Tebris aus Mittel gefunden hat, mir den Empfang einer hinreichenden Quantität vom Wasser des Vansees zu ermöglichen. Nachdem eine bereits im Jahre 1854 nach St. Petersburg abgeschickte Sendung des Wassers das Ziel ihrer Bestimmung nicht erreicht hatte und als verloren betrachtet wurde, langte im Jahre 1855 eine zweite Sendung an. Sie enthielt zwei Flaschen vom Seewasser, wohl verschlossen in zugelötheten Blechkapseln. Ein eigenhändiges Schreiben des armenischen Katholicos von Van verbürgte die Aechtheit des Wassers und bezeugte, dass dasselbe nach Vorschrift bei Van

1) Mit Ausnahme zweier kleinen Flüsse westlich und östlich von Ardjisch.

2) Monteith journal of a tour through Azerbeidjan and the shores of the Caspian 1832, journal of the geogr. soc. of London. 1834. Vol. III. p. 50.

3) Louthgated travels in Turkey and Persia. London 1840. I. p. 229.

4) Brant, l. c. — Ritter, l. c. p. 289.

5) Am. Joubert, Voyage en Arménie et en Perse dans les années 1805, 1806. Paris 1821. p. 138.

6) Chancourtois, Note sur la nature des eaux du lac de Van et la natron qu'on en retire. L'institut XII. p. 402.

geschöpft und dem von Herrn Khanykof gesendeten Boten eingehändigt war. Von Tebris wurde mir dasselbe ohne Aufenthalt nach St. Petersburg zugeschickt. Der Zufall wollte, dass auch die erste, für verloren gehaltene Sendung bald nach der zweiten eintraf und von mehreren unterwegs durch Frosteinwirkung verunglückten Flaschen eine nicht ganz volle unversehrt geblieben war. Das Wasser der ersten Sendung war von keiner Angabe des Orts und der Umstände, wo und unter welchen dasselbe geschöpft worden, begleitet. — Nichts destoweniger fand ich das specifische Gewicht des Wassers in sämmtlichen Flaschen beider Sendungen sehr nahe übereinstimmend. Bei 15 ° R. hatte das der ersten Sendung 1.01750, das der zweiten 1.0194. Chancourtois fand das s. G. des von ihm geschöpften und nach Paris gebrachten Wassers bei derselben Temperatur 19.5° C. = 1.0188, also genau das Mittel aus meinen Bestimmungen.

Das Wasser in den drei Flaschen besass bei ziemlich klarer Beschaffenheit eine leichte Färbung in das Rosenrothe, ähnlich einer schwachen Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul; es war von fadem, etwas widerlichem Geschmack. Die qualitative chemische Untersuchung führte zu folgenden Wahrnehmungen: Während des Abdampfens im Wasserbade trübte sich die Vansee-Flüssigkeit; ein flockiger Niederschlag bildete sich unter fortwährender Vermehrung bis zur Vertreibung des grössten Theiles des Wassers. In verdünnter Salzsäure unter Brausen gelöst, zeigte sich dieser Niederschlag zusammengesetzt aus Talkerde mit einem geringen Antheile beigemengter Thonerde und Spuren von Kieselerde.

Nachdem ferner noch die Gegenwart des Chlornatrium, Glaubersalz und kohlensauren Natron als Hauptbestandtheile der festen Verbindungen im Wasser nachgewiesen worden, bewirkte ich die Trennung dieser Stoffe auf folgende Weise. Zur directen Bestimmung der Kohlensäure wandte ich die Zersetzungsmethode vermittelst des von Geissler zweckmässig modificirten Aparates [1]) auf verschiedene Quantitäten des scharf getrockneten, durch Abdunstung aus dem Vanseewasser erhaltenen Salzes an und hielt mich an das arithmetische Mittel aus einer Reihe unter sich nahe übereinstimmender Analysen. Eine indirekte Bestimmung der Kohlensäure basirte ich auf Uebertragung derselben an Barytsalze. Eine Controlle für die auf diesem Wege erhaltenen Resultate gewährte die gesonderte Bestimmung des Chlor und der Schwefelsäure in Verbindung mit der effectuirten Verwandlung sämmtlicher Natronsalze in schwefelsaures Natron; der auf diesem Wege durch Berechnung gefundene Kohlensäuregehalt musste mit dem durch die unmittelbare Bestimmung erhaltenen übereinstimmen.

Aus der vollständig durchgeführten Analyse einer Quantität des Vanseewassers von 223,05 grm. erhielt ich als Resultat der Zusammensetzung die folgenden nach den bisher befolgten Grundsätzen zusammengestellten Werthe.

Unter a sind wie früher die für sich besonders bestimmten Elemente, unter b die aus denselben durch Berechnung erhaltenen Verbindungen und unter c die Zusammensetzung des Wassers nach 1000 Theilen verstanden.

---

1) Fresenius, Quantitative Analyse. p. 241.

	a.		b.			c.
Schwefelsäure. .	= 0.4204	$\dot{N}a\ddot{S}$	0.5770	= 0.2524 $\dot{N}a$	+ 0.3243 $\ddot{S}$	= 2.5868
Kohlensäure. . .	0.5563	$\dot{N}a\ddot{C}$	1.2130	0.7110 $\dot{N}a$	0.5018 $\ddot{C}$	5.4384
Chlor	1.0889	$Na\dot{C}l$	1.8081	0.7141 Na	1.0940 $\dot{C}l$	8.1067
Natron	1.9246	$\dot{M}g\ddot{C}$	0.0908	0.0284 $\dot{M}g$	0.0624 $\ddot{C}$	0.4071
Kali.	0.0652	$\dot{K}a\ddot{S}$	0.1206	0.0652 $\dot{K}a$	0.0554 $\ddot{S}$	0.5406
Magnesia.	0.0484	$\dot{M}g\ddot{S}$	0.0595	0.0198 $\dot{M}g$	0.0397 $\ddot{S}$	0.2267
Thonerde.	0.0182	$\ddot{A}l$	0.0182			0.0358
Wasser.	= 218.9300		3.8872	1.7909	2.0776	17.3421
	223.0540			3.8785		982.6579
						1000.0000

Den vorstehenden Resultaten zu Folge sind in dem von mir untersuchten Vanseewasser 1.73 % eines Salzgemenges von folgender Zusammensetzung im wasserfreien Zustande aufgelöst:

Schwefelsaures Natron	= 14.84
Kohlensaures Natron	31.20
Chlonatrium	46.54
Dopp. kohlens. Magnesia.	2.33
Schwefelsaure Magnesia	1.50
Schwefelsaures Kali.	3.10
Thonerde und Kieselerde.	0.44
	99.95

Zum Vergleich schliesse ich hier die Resultate der Analysen des Vanseewassers von Herrn Chancourtois an. Unter a sind diejenigen des Seewassers auf 100 Theile berechnet und unter b die Zusammensetzung eines Salzes angegeben, welches auf dem Bazar von Van unter dem Namen perek [1]) verkauft wird.

	a.	b.
Kochsalz	= 0.938	29.12
Glaubersalz	0.333	17.63
Schwefelsaures Kali	0.055	28.45
Halbkohlensaures Natron.	0.861	40.20
Halbkohlensaure Magnesia	0.055	1.13
Erdige Theile	0.018	0.15
Wasser.	97.740	8.91
	100.000	125.59 (?) [2])

1) Kennet Loftus, l. c. p. 320.
2) Chancourtois, l. c.

Ueber das Salz unter b giebt Herr Chancourtois nachfolgende erläuternde Notizen:

«Les habitants de Van font évaporer l'eau du lac dans de petits bassins, et le sel produit ainsi leur sert à faire du savon, dont la fabrication s'exécute dans chaque maison avec de l'huile d'olive et de la chaux.

«Le sel, tel qu'on le vend au bazar de Van, présente des croûtes cristallines minces très friables, superposées les unes aux autres jusqu'à une épaisseur de 5 ou 6 centimètres et salies pour la plus grande partie par la terre des bassins. On y distingue presque toujours de petits cristaux cubiques de sel marin enchassés dans les couches amorphes d'autres sels; la masse attire l'humidité de l'air, mais sans être aucunement déliquescente.»

Durch die vorstehenden Untersuchungen ist nun der Vansee in der That ganz unerwartet aus der Reihe der eigentlichen Salzseen in eine Parallele mit den Natronseen von Ungarn [1]) und Unterägypten [2]) geführt worden, welche um so interessanter ist, da der Vansee, von Seiten der chemischen Natur seines Wassers, im grossen Maassstabe auf eine Wiederholung derselben Bildungsgesetze deutet, welche längs des südöstlichen Fusses des Systems beider Ararate jene Reihe von Natronseen hervorgerufen haben, die von mir beobachtet und Tom. V. № 8 des Bullet. de la cl. phys.-math. beschrieben worden sind.

Es finden sich diese Seen, (Siehe die Karte Tab. I.) am Rande der doleritischen Lavenströme, welche vom grossen und kleinen Ararat ausgehend, grosse Flächenräume der flachen Thalebene des Araxes einnehmen; sie werden auf der rechten Seite dieses Flusses eben so durch die Verzweigungen jener Lavenströme, wie durch die im Süden von Korvirab inselartig aus der Ebene auftauchenden Felskämme kalkreicher palaeozoischer Bildungen von einander getrennt. Das Salz, welches diese kleinen Seen in Auflösung enthalten, ist von der Natur der Salze der gewöhnlichen Bittersalzseen in Grusien sehr verschieden; in seinen Hauptgemengtheilen zeigt es qualitative Uebereinstimmung mit dem Salz der ungrischen und ägyptischen Natronseen, des Urao von Venezuela [3]) wie des Vansee. Bald ist das Glaubersalz der überwiegende Gemengtheil, bald herrscht kohlensaures Natron, bald Chlornatrium vor. Das Salz welches sich im Sommer aus dem See von Taschburun [4]) am nördlichen Fusse des Ararat durch freiwillige Verdunstung abscheidet hat eine grosse Aehnlichkeit mit dem perek vom Vansee und ist ebenso zusammengesetzt wie das letztere. In ganz ähnlichen quantitativen Verhältnissen treten aber dieselben Verbindungen auch in den salinischen Efflorescenzen zusammen, die vorzugsweise auf solchen Stellen der Araxes-Ebene in grosser Fülle zum Vorschein kommen, welche der künstlichen Bewässerung und somit der Cultur weniger zugänglich, von Steppenkräutern bedeckt sind, die durch Einäscherung eine Soda von ausgezeichneter Güte liefern.

Um nun einige hier anzuknüpfende Betrachtungen über die Bedingungen, welche die Natronseen grade an diesen Stellen Kleinasiens hervorgerufen haben, auf Thatsachen stützen zu können,

---

1) Beudant, Voyage en Hongrie. T. II. p. 333. T. III. p. 237.
2) Russegger, Reisen in Europa, Asien und Africa. T. I. p. 186.
3) Cordier, Ann. d. Ch. et d. Phys. XXXI. 270. 276.
4) Bulletin phys.-math. T. V. № 8.

sehe ich mich veranlasst hier noch einmal auf die eigenthümlichen Producte des Natronsees am Güsgündag [1]) im Chanat von Maku zurückzukommen, der durch seine tiefrothe Färbung, die bis in das Purpurrothe geht, so ganz an verwandte Phaenomene erinnert, wie sie Russegger Vol. I. pag. 285 beschreibt. Das im Monat Juli aus diesem See geschöpfte Wasser besass die Farbe einer concentrirten Auflösung von schwefelsauerem Manganoxydul und übertraf durch sein specif. Gewicht von 1.2791 noch dasjenige der concentrirten Laugen von 1.2394, aus welchen in der Nähe der Natronseen in Unter-Aegypten das Tronasalz (Sesquicarbonat oder anderthalb kohlensaueres Natron) durch Krystallisation gewonnen wird [2]). Die Zusammensetzung, welche meine Untersuchungen für das wasserfreie Doppelsalz nachgewiesen hatten, was sich von der Oberfläche ab auf den Grund dieser Seen in schweren Krusten von bedeutender Festigkeit, starke Schichten bildend, absetzt, zeigte sich in dem bisherigen Erfahrungskreise über Doppelsalze so ganz ohne Analogie, dass es mir nöthig schien durch eine sorgfältige Wiederholung jener Analysen die Thatsache einer wasserfreien wirklich krystallinischen Verbindung von kohlensauerem und schwefelsauerem Natron ausser Zweifel zu stellen. Bedeutende Quantitäten der so eben erwähnten Salzkrusten waren von mir im Jahre 1845 gesammelt und in der gewöhnlichen Verpackungsweise luftbeständiger Mineralien nach St. Petersburg geschickt worden. Ausgepackt hatten diese Salzkrusten 5 Jahre in den Kasten der Sammlungen des Kaiserlichen Berg-Corps gelegen, als sie mir das Material zu einer neuen Untersuchung lieferten. Der Voraussetzung von der Beständigkeit dieses Doppelsalzes völlig gemäss, welches ich als neue Mineralspecies mit dem Namen Makit bezeichnete, fand ich die Salzkrusten unter einer ganz schwachen Hülle eines mehligen Ueberzuges [3]) völlig unverändert in demselben Zustande wie ich ihn l. c. beschrieben habe. Die Festigkeit der tafelförmigen Massen von dicht blättrigem Gefüge, mit Perlmutterglanz und versteckter, strahliger, glaskopfartiger Textur, welche die warzenförmigen Hervorragungen bedingt, womit die Wandungen drusenartiger Zwischenräume der oft nierenförmig gewölbten Schaalen bekleidet sind, war dieselbe geblieben. Der ganze habitus des krystallinischen Körpers erinnerte augenblicklich an gewisse Modificationen, wie sie dem Stilbit und anderen Zeolithen eigen sind, während Farbe und Glanz zum Vergleich mit Manganspath auffordern. Die blättrige Textur und das strahlige Gefüge traten unter der Loupe auf das Schärfste hervor. Nachdem durch eine Reihe von Untersuchungen mit lufttrockenem Salz, nach derselben Methode wie sie vorhin angegeben, die Constanz des relativen Mengen-Verhältnisses zwischen dem schwefelsauren und kohlensauren Natron in dem fraglichen Salze festgestellt worden war, gab mir das Mittel aus mehreren unter sich gut übereinstimmenden Analysen den Gehalt an schwefelsaurem Natron zu 78,44%. Die Bestimmung der Kohlensäure vermittelst des vorhin erwähnten Apparates gab für das nicht mit Schwefelsäure und Chlor verbundene Natron einen Werth der allein auf $1^1/_2$ kohlensaures Natron passte,

1) Siehe die Karte nebst Erläuterungen Taf. I.

2) Russegger, l. c. p. 285.

3) Nicht n Folge eines Wasserverlustes, wie beim Glaubersalz, sondern in Folge der Aufnahme einer geringen Menge atmosphärischen Wassers, wie das etwa bei der geschmolzenen glasigen Borsäure Statt findet.

denn 3,415 grm. der Verbindung verloren im Apparat 0,312 grm., welche 0,607 grm. oder 17,74% anderthalbkohlensauren Natron entsprechen.

Die Zusammensetzung des Makit erhält hiernach den folgenden Ausdruck:

Schwefelsaures Natron	= 78.44	69849	= 1:5.
Anderthalbkohlensaures Natron	= 17.74	14231	
Chlornatrium	= 0.58		
Chlorkalium	= 0.46		
Schwefelsaure Magnesia mit Spuren von Mangan	= 0.74		
Wasser und Verbrennungsproducte organischer Substanz	= 1.39		
	99.35		

Ich habe Gründe zu glauben dass das rothe Pigment, welches als braunrother Anflug ganz besonders die unteren Flächen der Salzkrusten bekleidet und allem Anscheine nach auch zur röthlichen Färbung der Lauge wie des Salzes mit beiträgt, organischer Natur und den Tremellinen zuzuzählen ist. Unter dem Mikroscop verhält sich dieser röthliche Stoff dem protococcus nivalis und sanguineus sehr ähnlich. Wird das Salz einer hohen Temperatur ausgesetzt, so färbt es sich schwarzgrau und schmilzt dann zu einer graugrünen, nach dem Erkalten porösen Masse, deren Lösung in verdünnter Salzsäure mit der Kohlensäure auch Schwefelwasserstoff abgiebt. Ein Beweis, dass ein Antheil des schwefelsauren Natron durch Gegenwart kohlenstoffhaltiger Verbindung in Schwefelnatrium umgewandelt wird. 11.327 grm. lufttrocknes Salz gaben nach dem Schmelzen in einer Platinaretorte eine empyreumatische übelriechende Flüssigkeit von 0.044 grm. Eine andere Bestimmung gab durch Gewichtsvermehrung von Chlorcalcium im Wasserbestimmungsapparat dasselbe Resultat = 0,39% Wasser. Der Totalverlust des Gewichts nach dem Schmelzen war 0.157 grm. und zeigte mithin 1 Procent durch organische Beimengung herbeigeführter Stoffe an.

Da die geringe Quantität von Wasser in der Verbindung, welche kein Procent beträgt und erst bei einer über 80° gesteigerten Erwärmung mit den Zersetzungsproducten der organischen Materie entweicht nicht wohl in anderer Verbindung als mit der geringen Menge von Chlornatrium, Chlorkali und schwefelsaurer Magnesia anzunehmen ist, welche das reine Doppelsalz verunreinigen, so darf gefolgert werden, dass 1 Atom anderthalbkohlensaueres Natron mit 5 Atomen schwefelsaueren Natron im wasserfreien Zustande sich im Makit chemisch zu einem Salze verbinden, welches mit der Formel $\dot{Na}^2\ddot{C}^3 + 5\,\dot{Na}\ddot{S}$ zu bezeichnen ist. Der Makit tritt somit in eine Reihe mit dem Thenardit, dem wasserfreien, wenig mit kohlensaurem Natron verunreinigten schwefelsauren Natron, welches in den Salines d'Espartines ohnweit Madrid vorkömmt [1]), ferner mit dem Glauberit, der wasserfreien Verbindung von 49. Gyps und 51. Glaubersalz, und endlich mit dem Martinsit, jener merkwürdigen Verbindung von 1 Atom wasserfreier schwefelsaurer Bittererde und 10 Atom Chlornatrium, welche die Bohrarbeiten auf Steinsalz bei Stassfurth kennen gelehrt haben [2]). Der Martinsit, dessen specifisches Gewicht bei

1) J. L. Casaseca, Ann. ch.-phys. XXXII. p. 311.
2) J. f. prakt. Ch. XXXVI. p. 127.

18,3° R. zu 2.13735 gefunden worden, bildet einen sehr bedeutenden oberen Theil der in einer Tiefe von 829 Fuss erreichten und mit 150 Mächtigkeit durchbohrten Steinsalzablagerung bei Stassfurth. Besonders interessant ist der Martinsit durch die Entdeckung eines derben Borazit [1]), der als ein höchst wahrscheinlich untergeordnetes Glied des dortigen Steinsalzgebirges mit durchbohrt wurde: auf sein Vorhandensein machte das unerwartete Resultat der Prüfung einer im derben Martinsit mit vorhandenen unauflöslichen Beimengung zuerst aufmerksam. Der derbe Borazit von Stassfurth hat ein specifisches Gewicht von 2.9134 und besteht aus 29.48 Bittererde, 64.09 Borsäure nebst 1.03 kohlensaurem Eisen- und Manganoxydul nebst Eisenoxydhydrat, folglich genau mit dem Borazit übereinstimmend; Härte zwischen 4—5, schmutzigweiss, unmittelbar aus dem Bohrloch gebracht schneeweiss. Es schliesst sich diese interessante Entdeckung erläuternd an die enge Verbindung der borsaueren Exhalationen in Italien und der Tinkalseen in Tibet mit dem Salz und Steinsalz.

Die Entstehung einer so eigenthümlich zusammengesetzten wasserfreien krystallinischen Verbindung, wie der Makit, setzt die Mitwirkung von Bedingungen voraus, die sich der unmittelbaren Beobachtung entziehen und deshalb dunkel sind. Höchst wahrscheinlich sind sie aber dennoch allein in dem Kreise unserer bisherigen Erfahrungen über Salzbildungen zu suchen und zu finden. Für eine demnächstige Erörterung dieser Frage schien mir ganz besonders die nähere chemische Untersuchung des weissen thonartigen Terrains wichtig, in welchem die Natronseen in Mitten und am Rande der doleritischen Lavafelder in der Nähe des Güsgündag gebettet sind.

Dieses Terrain, dessen weiche und thonschlammartige Beschaffenheit die Annäherung an den Wasserspiegel des rothen See's sehr schwierig machte, bietet im trockenen Zustande eine schneeweisse lockere Masse dar, welche leicht zerreiblich wie Kreide abfärbt und bei schwachem Glühen unveränderlich bleibt. Eine Untersuchung dieser Erde, welche unter Leitung des Herrn Professor Karl Schmidt im chemischen Laboratorium zu Dorpat mit Sorgfalt ausgeführt worden ist, hat folgendes Bild der Zusammensetzung geliefert: a bedeutet die jedesmalige zur Untersuchung angewendete Quantität, b die gefundene Menge und c den Procentgehalt.

a.	b.	c.	
0.401	0.017	H_2O.	4.24 Wasser.
0.745	0.597	$\left\{\begin{matrix}2MgO\\NHO\end{matrix}\right\} PO_3$	61.82 Kohlensaure Magnesia.
0.745	0.102	$CaOSO_3$	13.69 Kohlensaure Kalkerde.
3.380	0.470	SiO_3	12.00 Kieselerde.
3.830	0.238	Al_2O_3	6.21 Thonerde.
3.830	0.079	Fe_2O_3	2.06 Eisenoxyd.
0.590	0.226	CO_2	
			100.02

1) Archiv für Min., Geogn., Bergbau und Hüttenkunde von Karsten. T. XXI. p. 487.

Ich füge hier zur vollständigen Uebersicht aller mit dem Erscheinen des Makit verbundenen Umstände noch die Zusammensetzung des Seewassers selbst an, wie ich dasselbe über dem Thonschlamme geschöpft habe (im July).

Chlornatrium	= 30.68
Glaubersalz	7.99
Kohlensaures Natron	4.31
Wasser	67.02
	100.00

Zwei Fragen: wie entstand der Makit und wie entsteht das kohlensaure Natron in dem vorliegenden Falle, berühren sich dem Vorhergehenden zu Folge so innig, dass es fast scheint, als müsse die Lösung der einen auch die der anderen bedingen.

Dass bei der Entstehung des wasserfreien Doppelsalzes eine geothermale Einwirkung statt finde, die höher steigt als das Maximum der Sommerwärme, welches innerhalb der betreffenden Region (wie ich, Bull. phys.-math. T. IX. pag. 10, gezeigt habe), zu 31 °R. im Schatten angenommen werden darf, sie zu geben vermag, wäre eine Hypothese, für welche keine einzige Beobachtung aus der Physik der Araratumgebung einen haltbaren Grund anzugeben vermag. Die Bedingungen für diese Bildung können sich mithin allein verbergen: 1. In dem gleichzeitigen Vorhandensein solcher Salze, von welchen das eine die Auflösungsfähigkeit des anderen einseitig erhöht, wie z. B. Kochsalz und Glaubersalz; 2. in der Ungleichförmigkeit der Auflösung der Salze bei verschiedenen Temperaturen, so wie in dem gesteigerten Auflöslichkeitsvermögen von gesättigten Salzauflösungen überhaupt, und endlich 3. in dem breiartigen Zustande der auf einander einwirkenden Verbindungen, im Verein mit erhöhter Concentration unter dem Einflusse starker Verdunstung im Sommer.

In Bezug auf die Entstehung des anderthalbkohlensauren Natron wäre zu untersuchen, ob das in den Seen auftretende Natron aus gleicher Quelle kommt, wie die grosse Menge desselben Salzes, welches in Verbindung mit Glaubersalz an vielen Stellen der Araxesthalebene in der heissen Jahreszeit auswittert. Immer wird diese Quelle ein Zersetzungsprocess sein, demzufolge das kohlensaure Natron ebensogut ein Verwitterungsproduct natronhaltiger ursprünglich krystallinischer Gesteine, welche Thonerde und Natron Silicate enthalten, als ein Umwandlungsproduct von Natronsalzen sein kann, welches die chemische Wechselwirkung zwischen den erdigen Bestandtheilen des Bodens und jenen Salzen hervorbringt, von welchen derselbe durchdrungen ist.

Da beide Bildungsweisen sich möglicher Weise auf ein und demselben Raume vereinigen können, so wird der Erklärungsversuch der Herkunft des kohlensauren Natron für eine gegebene Localität niemals auf die Präcision einer erschöpfenden Beweisführung Anspruch machen können.

In Ländern jeder Zone ist die Erfahrung gemacht worden, dass schwefelsaures und kohlensaures Natron vorzugsweise da effloresciren und Bestandtheile stagnirender Gewässer

bilden, wo das Diluvial- und Alluvial-Terrain Chlornatrium, theils aus unbekannten Quellen, theils deutlich nachweisbar aus benachbarten Steinsalzablagerungen herrührend, einschliesst. Mit besonderer Deutlichkeit tritt das erste geognostische Verhältniss in seinen Beziehungen zu productiven Natronseen in der Makariuswüste Unterägyptens, und das zweite in den Ebenen der ungarischen Comitate von Szathma, Szaboltz und Bihar hervor, wo das Vorkommen des kohlensauren Natron von Russegger und Beudant genau studirt worden ist. Die weiten Thalebenen des armenischen Plateaulandes wiederholen die Erscheinungen der ungarischen Ebene in den angedeuteten Beziehungen vollständig, und mit besonderer Deutlichkeit lässt sich auf der Araxeshochebene das geologische Band erkennen, welches den Reichthum des Bodens an Natronsalzen, wie die unerschöpfliche Vegetationsthätigkeit der Sodapflanzen, an das Dasein der Steinsalzlager von Kagisman, Kulpi und Nachitschevan knüpfen. Die Umbildungen, deren das Kochsalz fähig ist, welches, wie in Armenien, einen lockeren Alluvialboden imprägnirt, zu dessen Bildung die verschiedensten Gebirgsarten und unter diesen auch Gyps, kalkigthonige Mergel, Travertine neben vulkanischen, oft Schwefelkies haltenden Gesteinen jeder Gattung, die Bestandtheile geliefert haben, zumal unter dem Einfluss jährlicher Temperatur-Differenzen zwischen Winter und Sommer von 50° R., sind allein nach den Erfahrungen zu bemessen, die wir über das Verhalten wässriger Kochsalzauflösungen zu anderen Erd- und Metallsalzen überhaupt besitzen. Da die Umbildung zwischen Bittersalz, Eisenvitriol und Kochsalz in den Temperaturen unter dem Gefrierpunkt wie bekannt leicht, die zwischen gepulvertem Gyps und Kochsalz aber um so vollständiger erfolgt, je tiefer die Temperatur sinkt[1]), so wird die Gegenwart von schwefelsaurem Kalk, Magnesia und Eisenoxydul unter den so eben angedeuteten geognostischen Verhältnissem immer die Entstehung von Glaubersalz bedingen müssen. Vermöge der, durch Capillarität unterstützten Krystallisationsthätigkeit wird sich das Glaubersalz effloreseirend von dem zugleich mitgebildeten nicht krystallisirbaren Chlorcalcium, Chlormagnium und Eisenchlorid scheiden. Auch die, wenngleich unvollständige Rückbildung dieses Chlormagnium in schwefelsaure Magnesia durch die Frostkälte wäre denkbar, welches Salz dieselbe Krystallisationsthätigkeit oft zugleich mit dem Glaubersalz hervorlockt. Ebendeshalb halte ich auch das vereinte Auftreten von Glaubersalz, Kochsalz und Magnesia, sowohl efflorescirend als in kleinen Seen, welches innerhalb der gypsführenden Schichten der Tertiairformation in Transkaukasien, zumal in Karthalinien, eine so häufig wiederkehrende Erscheinung ist, überall für ein Zeichen des localen, nicht fernen Vorhandenseins von Steinsalz in der Tiefe, wenn dasselbe sich auch durch gar keine oder nur durch schwache Soolquellen an der Oberfläche verrathen sollte. Die allgemeine und durchgreifende Verbreitung der schwefelsauren Magnesia in den Schichten der kaukasischen wie der armenischen Gebirge, welches Salz durch Auswitterung eben so häufig in den metamorphischen Gesteinen, in den Ablagerungen der jurassischen und der Kreideperiode am ganzen nördlichen Kaukasus, bis in das Herz von Dagestan zum Vorschein kommt, wie es in den Sandsteinen und gyps-

1) Karsten, Salinenkunde. T. II. p. 305.

reichen Mergeln der Nummuliten- und Molassenperiode in Karthalinien und Armenien sich im Verein mit Glaubersalz efflorescirend zeigt, ist ein so wichtiges geologisches Problem, dass ich dasselbe hier wenigstens andeuten wollte. Der herrschenden Ansicht zufolge, die von Bertholet zuerst aufgestellt und auf die Genesis des kohlensauren Natron in den Natronseen Aegyptens angewendet worden, wird nun das kohlensaure Natron häufig als ein unmittelbares Umbildungsproduct zwischen kohlensaurer Kalkerde und Kochsalz betrachtet. Die Versuche von Karsten, der ein Gemenge von Kreide und Kochsalz unter stetem Anfeuchten 18 Monate auf einander wirken liess, mit Einleitung aller Bedingungen für Efflorescenz, ohne eine Spur von kohlensaurem Natron zu erhalten [1]), haben aber bewiesen, dass diese supponirte unmittelbare Einwirkung beider Körper ohne Vermittelung eines dritten auf einander nicht statt findet. Dagegen ist es erwiesen, dass der durch ununterbrochenen Zutritt von Kohlensäure in doppeltkohlensaures Salz verwandelte Kalk, zumal wenn die Verbindungen in breiartigem Zustande auf einander einwirken, die Umbildung des Glaubersalzes in kohlensaures Natron allmählich zu bewirken vermag. Das Product dieses Zersetzungsprocesses wird neben kohlensaurem Natron aber Gyps sein, der wegen seiner geringen Auflösungsfähigkeit sich der sonst unvermeidlichen Wiederzerlegung durch das so eben gebildete kohlensaure Natron entzieht. Für eine Zersetzung des Chlornatrium durch saure kohlensaure Kalkerde, wie sie Malcolmson für die Entstehung des kohlensauren Natron im Lonarsee (20° nördliche Breite 76° 30 östl. Länge in Ostindien) in Anspruch nimmt [2]), spricht kein experimenteller Beweis; auch ist ein Umbildungsprocess nicht wahrscheinlich, in dessen Wesen es liegt, Verbindungen zu erzeugen, die nothwendig sogleich wieder auf diejenigen zurückführen, aus welchen sie entstanden sind.

Alle anderen Erklärungsversuche, welche die Entstehung des kohlensauren Natron auf *unmittelbare Umbildung* des Chlornatrium basiren, werden durch die Verwickelungen, wozu sie führen, noch unwahrscheinlicher. Wenn nun die so eben angedeuteten Erfahrungen zur Erklärung des kohlensauren Natron auf der Araxesebene und in den Seen eine gleichzeitige Anwendung finden sollen, so muss neben der Quelle der zur Bildung doppeltkohlensauren Kalks nöthigen Kohlensäure auch die Gegenwart des Glaubersalzes, der kohlensauren Kalkerde, vor Allen aber des Gypses auf dem Grunde der Seen nachgewiesen werden. Die Zusammensetzung des Schlammes vom See am Güsgündag (pag. 41.), entspricht aber dieser Voraussetzung nicht; denn sie beweist die vollständige Abwesenheit des schwefelsauren Kalkes am Seeboden. Es kann somit das im Wasser gelöste Glaubersalz in keiner Weise zur Bildung des mitvorhandenen kohlensauren Natrons beigetragen haben. Wenn man nun die kohlensaure Kalkerde und den bedeutenden Gehalt an Bittererde erwägt, welche der Schlammabsatz des Sees enthält, so gewinnt die schon vorhin angedeutete Vorstellung Raum, dass das kohlensaure Natron dem See ursprünglich von Aussen schon fertig gebildet auf alluvialem Wege zugeführt worden

---

1) Karsten, Salinenkunde, T. II, p. 281.

2) Malcolmson, Geognosie des grossen Basaltdistrikts in Ostindien. — Berghaus, Ann. B. 14. p. 66. — Karsten, l. c. p. 252.

und dass allmählig mithinzugetretene salzsaure Kalkerde und schwefelsaure Magnesia, auf Kosten des im See aufgelösten kohlensauren Natron, zersetzt und als kohlensaure Erden niedergeschlagen worden sind. Von dem Standpunkte dieser Ansicht wäre der Salzsee am Güsgündag vielleicht als ein verarmter Natronsee zu betrachten, dessen noch unzerlegt gebliebenes kohlensaures Natron der concentrirten Kochsalzauflösung allmählig durch Bildung des wasserfreien Doppelsalzes völlig entzogen wird. Das Vorhandensein benachbarter kleinerer Seen inmitten der Doleritlava, in deren Lauge der Gehalt des kohlensauren Natron bei 65 % Wasser selbst auf 24 % steigt [1]), spricht für diese Ansicht und deutet auf Mitwirkung localer Gründe, weshalb hier der Zutritt solcher Salze abgehalten wird, die durch kohlensaures Natron zerlegt werden. Da von mir am betreffenden Orte keine genaueren Untersuchungen angestellt worden, ob etwa auf dem Boden des See's oder im Umkreise desselben versteckte Kohlensäureexhalationen Statt finden, so fehlt meinem Urtheile über die Herkunft der Kohlensäure, welche die Umbildung des kohlensauren Natrons in anderthalbkohlensaures am See veranlasst, der positive Schluss. Möglich wäre es, dass diese Umänderung und die krystallinische Ausscheidung des wasserfreien Doppelsalzes gleichzeitige, unter dem Einflusse der Kohlensäure der Atmosphäre sich gegenseitig bedingende Processe sind.

Mit Rücksicht auf die Erfahrungen, die wir über den Ursprung der Thone aus zersetzten Feldspath, Oligoklas und Labrador führenden Gesteinen besitzen, scheint es angemessen, hier noch an die Wahrscheinlichkeit zu erinnern, dass die in Wasser löslichen Thonerdesilicate des Natron, welche als Verwitterungsproducte vulkanischer Gebirgsarten nur eine beschränkte Verbreitungssphäre besitzen werden, auch ihrerseits sehr wohl örtliche Veranlassung zur Bildung von Natronefflorescenzen geben können. Die weisse Erde aus dem Natronsee vom Güsgündag, die in dem Gemenge von Thonerdesilicat mit kohlensauren Erden, welches sie darstellt, sämmtliche erdigen Elemente des Dolerit einschliesst, könnte als das theilweise Resultat einer solchen Gesteinsverwitterung gedeutet werden, welche auf dem benachbarten, den See umschliessenden Doleritlava-Terrain langsam fortwirkte. Das günstigste Zusammentreffen aller zur Bildung des kohlensauren Natron erforderlichen Bedingungen und Umstände besteht indessen dem Vorhergehenden zu Folge allein auf der Araxes-Ebene, wo eine lebhafte Vegetationsthätigkeit der Sodakräuter eine continuirliche Zerlegung der Natronsalze unterhält und, durch den Verwesungsprocess der alljährlich absterbenden Pflanzenwelt, eine fortdauernde Kohlensäurequelle in den obersten Bodenschichten gegeben erscheint. Der Einfluss dieser freien Kohlensäure würde hier die chemische Wechselwirkung zwischen Chlornatrium, schwefelsaurem Natron und kohlensaurem Kalk, zumal in einem lockeren und porösen Alluvialboden sehr wohl bedingen, und die durch Capillaraction unterstützte Efflorescenz des kohlensauren Natron hervorrufen können. Die deliquescirenden Salze, im tieferen Boden zurückbleibend, würden mit dem Eintritt der nassen Jahreszeit wahrscheinlich wieder eine völlige oder theilweise Umbildung erfahren. Vielleicht sind die Natronseen überall, wo sie auf

1) Bulletin de la classe phys.-math. T. V. l. c.

der Ebene und nicht auf dem Doleritlavaterrain erscheinen, immer nur als die Reservoire für die Salze zu betrachten, welche atmosphärische Gewässer aus dem umgebenden Terrain ausgelaugt und der tiefsten Depression desselben zugeführt haben.

Wird diese Vorstellung auf das ausgedehnte hydrographische Bassin übertragen, dessen tiefste Region der Vansee einnimmt, so wird die Abhängigkeit der chemischen Natur seines Wassers von den geognostischen Verhältnissen der Seeumgebung kaum zweifelhaft sein können. Die grosse Analogie zwischen der quantitativen und qualitativen Zusammensetzung des Wassers des Vansees südwestlich und der kleinen Natronseen südöstlich vom Ararat, erscheint somit als Folge von der Einheit in der geologischen Beschaffenheit jener steinsalzführenden Abhänge der nordöstlichen taurischen Plateauländer, über deren Kalk- und mergelreichen Stufen die vulkanischen Eruptivsysteme des Ararat, des Tendürlü, des Aghdag, des Sipandag und Nimruddag etc. ihre Laven-, Tuf- und Conglomeratbildungen nach allen Richtungen ausgebreitet haben. Ich habe der technischen Bedeutung der wahrhaften Schätze von Natronsalzen, welche theils als künstliche theils als natürliche aus den Sodapflanzen zu erzeugende Producte von dem Alluvialboden der Araxesebene zu gewinnen sind, bereits zweimal im Bulletin phys. et math. T. V. № 8. und T. VIII. № 21. gedacht.

Der bedeutende Gehalt des Vanseewassers an kohlensaurem Natron, verleiht diesem See eine ähnliche Wichtigkeit wie der Araxesebene, von der sich indess erwarten lässt, dass sie, mit Ausnahme der von Chancourtois und Loftus [1]) angedeuteten schwachen industriellen Regungen in und um Van, noch niemals nach Verdienst gewürdigt worden ist. In einem höheren Grade scheint das in Bezug auf Anwendung des kohlensaueren Natron und der durch Pflanzenverbrennung erzeugten Soda im russischen Armenien der Fall. Es bestehen in der Stadt Alexandropol mehrere, durch Armenier errichtete und betriebene, gut eingerichtete Fabriken, welche aus der Soda der Araxesebene und dem thierischen Fette, welches in Menge und billig an jenem Orte, der dem Centralpunkte der intensivsten Regsamkeit nomadisirender Hirtenvölker, dem Alagéz, nahe zu beziehen ist, eine Seife bereiten, deren Güte der besten Marseiller Seife kaum etwas nachgiebt, und sowohl im Lande wie jenseits der Gränze verführt wird. Es dürfte schwierig sein irgendwo natürliche Verhältnisse zur Darstellung beliebiger Quantitäten im grossen Maasstabe von kohlensaurem Natron in so ausgezeichneter Reinheit und Güte in einer so günstigen Weise beisammen zu finden, wie auf der Araxes-Ebene des russischen Armeniens. Im Grossen auf meine Veranlassung in der Kronsapotheke zu Tiflis angestellte Versuche haben bewiesen, dass aus 3 Theilen der besten armenischen Soda, auf dem Wege einmaliger Krystallisation und nach Entfernung sämmtlichen Krystallwassers, sich 1 Theil eines mehlartigen wasserfreien Natrons erhalten lässt, welches kein volles Procent fremdartiger Salze einschliesst. Der Werth, welchen ein wasserfreies kohlensaures Natron von dieser Reinheit da besitzt, wo man seine Vorzüge zu schätzen weiss, steht angestellten Untersuchungen zu Folge in einem so überwiegenden Verhältniss zu den geringen Kosten einer Fabrication,

1) Chancourtois, l. c. — Kennet Loftus, l. c.

welche die localen und climatischen Vortheile benutzt die eine Anlage in möglichster Nähe der Soda erzeugenden Region erwarten, dass die nach ungünstigen Verhältnissen der Gegenwart berechneten Exportkosten des wasserfreien Fabrikat's kein Bedenken gegen eine derartige Unternehmung hervorrufen können. Eine derartige Fabrik würde sich die Verwerthung ihrer reichen Mutterlaugen [1]) zur Seifenbereitung gleichzeitig zur Aufgabe zu stellen und den Mitgewinn eines schönen Berliner Blau's nicht zu versäumen haben, dessen leichte Darstellung auf dem Gehalt an Cyanverbindungen in der rohen Soda beruht. Nach meinen in Grusien angestellten Untersuchungen und Versuchen lässt sich mindestens ein Procent Berliner Blau aus den Mutterlaugen der genannten Soda durch Zusatz von Eisenoxydsalzen gewinnen. Ausdrücklich bemerke ich aber, dass das hier Gesagte allein von der Soda der Araxesebene in den Erivanischen und Nachitschevanischen Kreisen gilt, zu deren Bereitung hauptsächlich die folgenden Pflanzen von den Bewohnern benutzt werden: Salsola cana, S. cali, S. vermiculata, S. pulla, S. nitraria, Halocharis Kulpiana, H. pycnantha. Die relative Brauchbarkeit dieser einzelnen Soda-Arten zur Erzeugung einer Soda, welche am wenigsten dunkle, durch Schwefelcalcium oder Schwefelnatrium verunreinigte Laugen giebt, hat die Erfahrung beim Sammeln der Pflanzen die Anwohner der Araxesebene unterscheiden gelehrt [2]). Die Gegenwart von Stickstoffverbindungen in der Soda der Araxesebene scheint einen Beleg für die Richtigkeit der Ansichten von Harting und Cunning [3]) zu liefern, nach welchen die Pflanzen durch ihre Wurzeln die ammoniakalischen und die salpetersauren Salze, die sich im Boden finden, absorbiren, und der Stickstoff der Luft zur Bildung dieser Salze in dem Boden und folglich indirect zur Ernährung der Pflanzen beiträgt. Dass aber ein anhaltender, von allen saueren und ammoniakalischen Salzen befreiter Luftstrom bei seiner Berührung mit porösen Materien in gewissen Fällen die Bildung von Salpetersäure und deren Salzen zu bedingen vermag, hat Cloëz auf experimentellem Wege sehr wahrscheinlich gemacht [4]).

Werden der Urmiasee, das caspische Meer und der Vansee in einen naturhistorischen Vergleich gestellt, so ist für alle drei Wasserbecken zunächst das gemeinsame Verhältniss der Abgeschlossenheit des hydrographischen Bassins zu bemercken, dessen Boden sie einnehmen. Für alle drei wird also die Ausdehnung und absolute Höhe ihres periodisch oscillirenden Wasserspiegels eine Function des Zuflusses und der Verdunstung der Wassermengen sein, welche diesem Becken zufliessen. Den Unregelmässigkeiten zu Folge welchen Zufluss und Verdunstung unterliegen, werden Schwankungen in dem Stande des Wasserspiegels zu erwarten sein, von denen es wahrscheinlich ist, dass sie eine Periodicität besitzen, die in ihrer Abhängigkeit von

1) Der gewöhnliche Preis für die beste Soda von der Araxesebene ist auf dem Bazar von Erivan 40 Cop Silber Angestellte Untersuchungen und Nachfragen in verschiedenen Dörfern der Nachitschevanschen und Erivanschen Kreise liessen keinen Zweifel, dass bei Lieferungen grösserer Quantitäten von etwa 10,000 Pud, der alsdann nur auf die Kosten des Sammelns und des Verbrennens bezügliche Preis sich mindestens auf ein Drittel des obigen Bazar-Preises reduciren lässt.

2) Die Untersuchung dieser Laugen. Bulletin phys.-math. T. VIII. p.

3) Compte rendu de l'Institut. Novembre 1855.

4) Compte rendu l. c.

den Jahreszeiten einen kurzen, in ihrer vorauszusetzenden Abhängigkeit von allgemeinen climatischen Erscheinungen von grosser Tragweite aber, bei Weitem längere Zeiträume umfassen werden. Nach langjährigen und sorgfältigen Untersuchungen von Perkins [1]) verringert sich die Ausdehnung des Urmiasees in gegenwärtiger Zeit sehr rasch, denn schmale Dämme, welche, Behufs der Salzgewinnung aufgeworfen, vor 18 Jahren sich dicht am Seeufer befanden, liegen heute um $^1/_2$ Meile von demselben entfernt. Dagegen konnte Loftus an den felsigen Küsten des Sees nirgends die Zeichen eines jemals höher gewesenen früheren Wasserstandes auffinden [2]). Von besonderem Interesse sind die erst neuerlich bekannt gewordenen periodischen Veränderungen, welchen der Spiegel des Vansees unterliegt [3]). Bald darauf als durch Brant's Umreisung des Vansees im Jahre 1838 die Thatsache einer allmähligen Verkleinerung des Sees bestätigt worden, begann das Wasser desselben aus unbekannten Gründen in einem solchen Verhältniss zu steigen, dass die Erhöhung im Laufe von 12 Monaten an abschüssigen Uferstellen wohl erkennbar nahe an 2 Ellen betrug. Mehrere Städte und Dörfer am See wurden überschwemmt und mussten verlassen werden. Nachdem binnen drei Jahren ein constantes Niveau von 12 Fuss gegen den Wasserstand von 1838 eingetreten war, blieb dasselbe unter unbedeutenden Schwankungen bis zum Jahre 1850. Seit dieser Zeit hat nach Aussage der Bewohner ein beträchtliches allmähliges Sinken des Wasserspiegels statt gefunden. Die Wirkungen dieses Phaenomens sind am Besten bei Ardjisch, einer Stadt an der Nordküste die früher 5000 Einwohner zählte, zu beurtheilen. Im August 1838 hatten die Herren Brant und Glascott ihre Zelte auf einer flachen, im Süden der Stadt ziemlich weit in den See hineinreichenden Landzunge aufgeschlagen. Im Jahre 1841 war die ganze Stadt vom Wasser umringt, theilweis überschwemmt und von allen Einwohnern verlassen. Im September 1852 war Ardjisch, nach stattgehabtem beträchtlichen Sinken des Wassers, mit der Nordküste wieder durch einen schmalen Damm von Schlamm von etwa $^1/_{10}$ Meile Länge verbunden, dessen Oberfläche alle Spuren einer eben erst dagewesenen Ueberströmung trug. Auch soll dieser Damm seit 1841 jedes Jahr periodisch bis zu der Tiefe einer Elle unter Wasser gewesen und wieder erschienen sein.

Nach der Ansicht urtheilsfähiger Bewohner wird diese periodische Ueberfluthung den Wirkungen der beiden Flüsschen zugeschrieben, welche hier östlich und westlich von der Stadt in den See münden und beträchtlich zur Zeit des Schneeschmelzens im Frühling anschwellen. Vier Monate hindurch ist der Isthmus dann ungangbar, aber sobald die Flüsse niedrig werden und ihr Sommerniveau einnehmen, zieht sich das Wasser des Sees allmählig von dem Damme zurück. — Alle Berichte aber stimmen in dem raschen Steigen und der Ueberschwemmung der Stadt in den Jahren 1838 und 1839, so wie darin überein, dass die Bewohner während der beiden folgenden Jahre vollständig aus ihren Wohnungen vertrieben wurden, indem die Fundamente der Häuser wichen und das Trinkwasser verloren ging.

1) Kennet Loftus, l. c. p. 307.
2) Kennet Loftus, l. c.
3) Kennet Loftus, l. c. p. 317.

Das Areal an Land, welches der See auf diese Weise in Besitz nahm, ist von ausserordentlicher Grösse. Manche andere Orte im Umkreise des Seeufers, wie z. B. Madghawank, Iskella, hatten dasselbe Schicksal wie Ardjisch; auch die Inseln litten in entsprechender Weise durch das Steigen des See's, nach Aussage des armenischen Bischofs des Chyïs-Klosters. Grade dieser Umstand (sagt Loftus l. c.) scheint dafür zu sprechen, dass das Phänomen der Niveauerhöhung des Sees nicht einer Erhebung des Seebodens zugeschrieben werden kann, weil die Inseln hätten über das Wasser erhoben, aber nicht unter dasselbe gesenkt werden müssen. Bejahrte Personen wissen sich nach den Erzählungen ihrer Väter zu erinnern, dass ein ähnliches Anschwellen des Sees vor etwa 140 Jahren Statt gefunden hat, demzufolge die Einwohner von Ardjisch den Ort zu verlassen genöthigt waren, der 40 Jahre eine Insel blieb, warauf sich das Wasser wieder allmälig zurückzog. Wenn auch ähnliche Schwankungen in dem Niveau von Seen in Amerika und in anderen Ländern der Erde beobachtet worden sind, so ist doch kaum irgendwo eine Schwankung von solcher Grösse vorgekommen, deren Wirkungen die Bewohner so stark empfunden hätten. Das aufmerksam und unbefangen alle Einzelheiten und Umstände der Erscheinung gleichmässig würdigende Urtheil gelangt auch hier sehr bald zu der wahrscheinlichsten Vorstellung, dass das Steigen des Vansees irgend einer climatischen, eine Reihe von Jahren fortwirkenden Ursache, wie z. B. grösserem Schneefall als gewöhnlich in den Gebirgen, oder Beeinträchtigung der gewöhnlichen Verdunstungsthätigkeit der Seeoberfläche, zuzuschreiben ist. Es sind die in dem Vorhergehenden angeführten Niveauveränderungen des Vanseespiegels ihrer Natur nach somit völlig identisch mit denjenigen, welche das caspische Meer seit Decennien dem Scharfsinn der Interpreten in seinen Gründen als noch ungelöstes Problem darbietet. Wie dort so auch hier könnte die Erklärung der unregelmässigen periodischen Schwankungen im Niveau des Wassers zu vulkanischen, totale oder partielle Bodenbewegungen des Sees bewirkenden Kräften ihre Zuflucht nehmen. Das hohe, dem Ararat vergleichbare Trachytsystem des Sipandag und die höchstwahrscheinlich gleichfalls durch eruptive Thätigkeit gebildeten Höhen des Nimruddag würden einer solchen Vorstellung am Vansee einen ähnlichen, wenn auch weniger directen Stützpunkt darbieten, wie die pseudovulkanischen, nach mehrjährigen Zwischenräumen eintretenden Eruptionserscheinungen auf der apscheronschen Halbinsel am caspischen Meere.

Wie am Vansee, so gehören die Veränderungen im Niveau des caspischen Meeres zwei Categorien an: 1. periodischen, die alle Jahre wiederkehren, und 2. periodischen von langer Dauer und unbestimmtem Zeitmaass. Da beide Erscheinungen gleichzeitig wirken, so ist die reine Isolirung ihrer Effecte, natürlich nicht so leicht und kann dieselbe erst durch gleichzeitig und anhaltend im Umfang der ganzen Meeresküste ausgeführte vergleichende Beobachtungen erfolgen.

Durch eine mehr als zehnjährige Reihe von Beobachtungen, welche dreimal täglich, unter Aufsicht des Directors der Douane in Baku, über die Abweichungen des Meerniveaus von einem als constant betrachteten Normalpunkte angestellt worden sind, geht hervor, dass der Einfluss der Jahreszeiten regelmässige Schwankungen in der Höhe des Wasserstandes hervorzubringen vermag, welchen zufolge die Differenz zwischen dem mittleren Niveau des Meeres im

Winter und im Sommer in der Bucht von Baku, im Durchschnitt seit 1850, 8 bis 10 Zoll betragen kann.

Das Maximum des Meeresniveaus trifft nicht in jedem Jahre auf denselben Sommermonat und entspricht der Zeit, wenn die in das caspische Meer strömenden Flüsse ihren stärksten Wasserstand haben. Das winterliche Minimum jenes Niveaus fällt auf die Periode, in welcher der Verlust durch Verdunstung, während des niedrigsten Standes der Flüsse, den schwächsten Ersatz findet. Diese Beobachtungen, für die Grösse der hier angedeuteten Einwirkungen auf das grosse Meeresbecken nach entgegengesetzten Richtungen maassgebend, sind um so höher anzuschlagen, da der Golf von Baku keine Flüsse und Bäche aufnimmt und dem südlichen Theile des caspischen Meeres angehört, welches, im Verhältniss zur nördlichen Hälfte, einen viel geringeren Beitrag durch Zuflüsse empfängt. Wenn es sich um die periodischen Niveauveränderungen von langer Dauer und unbestimmtem Zeitmaass handelt, deren Wirkungen das caspische Meer, wie der Aralsee, fortwährend unterliegen und in der Vergangenheit unterlegen haben, so weit historische Nachrichten reichen, welche von Herrn v. Humboldt in Asie centrale, T. II. p. 283—298, sorgfältig analysirt worden sind, so ist es gewiss, dass der Mangel an Beifall, welchen bisher alle Versuche, Einheiten für das Maass der fraglichen Perioden zu finden, erfahren haben, seinen Grund allein darin hat, dass bisher noch viel zu wenig für präcis und anhaltend im ganzen Umfange des caspischen Meeres anzustellende gleichzeitige Beobachtungen geschehen ist. Thatsächliche Veränderungen anbetreffend, die theils der Gegenwart angehören, theils durch monumentale Erscheinungen an bestimmte oder unbestimmte Zeitpunkte der Vergangenheit geknüpft sind, will ich hier nur an einige Umstände erinnern, welche mit der gegenwärtigen Periode des Sinkens des caspischen Meerniveaus zusammenhängen. Einem genauen Plane, der bald nach der Einnahme der persischen Festung Baku zu Anfang dieses Jahrhunderts von der Stadt und deren nächster Umgebung von den Officieren des Kaiserl. Generalstabes angefertigt worden war, verdanken wir den Beweis, dass das Meer die Schwelle der Pforten im Jahre 1804 bespülte, aus welchen man heute über einen sanften Abhang von 17 Faden hinabsteigt, um an das Ufer des Hafens zu gelangen. Nach einer Nivellirung vom 15. März 1853 beträgt der Höhenunterschied zwischen jener Wasserlinie von 1804 und der gegenwärtigen, 12 Fuss 10 Zoll 7 Linien. Dieser Unterschied hatte im Jahre 1830 9 Fuss 7 Zoll 5 Linien betragen. Im Jahre 1852 war er auf 11 Fuss 2 Zoll 5 Linien und endlich im März 1853 bis auf die schon angegebenen 12 Fuss 10 Zoll 7 Linien gestiegen. Die Periode eines allmähligen Sinkens des Wasserspiegels des caspischen Meeres ist mithin seit 52 Jahren mit Sicherheit nachzuweisen, da auch die seit 30 Jahren, sowohl an der Wolga, wie an den Terekmündungen bemerkte bedeutende Zunahme des Küstenlandes die entsprechenden Beweise einer allgemeinen Nieveauerniedrigung liefert. Die Fortdauer dieses Sinkens des caspischen Meeresspiegels ist in der Gegenwart mit besonderer Schärfe auch an den alljährlich zunehmenden Entblössungen der Ruinen des sonderbaren Gebäudes zu bemessen, welches im Innern des Golfs von Baku zu einer Erforschung des Zeitpunkts auffordert, wann das Gebäude, wie man glaubt, vor 5 bis 600 Jahren, auf einem Boden gebaut wurde, der sich mindestens 20 Fuss unter der Niveau-

linie des caspischen Meeres von 1804 befinden musste; denn nach den im März 1853 angestellten Sondirungen, befand sich das Niveau der Fundamente jenes Baues 6—7 Fuss unter dem Meeresspiegel. Zu ganz ähnlichen Wahrnehmungen über die Effecte der in der gegenwärtigen Zeit wirksamen Periode eines allgemeinen Sinkens des caspischen Meeresspiegels geben die immer mehr zunehmenden Entblössungen der Hafenmauern von Derbent, so wie das allmälige Sichtbarwerden und Hervortreten der bisher vom Meere bedeckt gewesenen regelmässigen und flachen Ausweitungen in den muschelreichen Kalksteinbänken des Hafengrundes Veranlassung, aus welchen die mächtigen Quader gehauen wurden, die einst das Baumaterial für die Mauern der Stadt geliefert haben. In dem Maasse als die Beweise sich vermehren, dass die Abnahme des Meeresspiegels, seit dem Beginne dieses Jahrhunderts eine im ganzen Umfange der Küsten wahrzunehmende Erscheinung ist, wird sich auch die Berechtigung verringern müssen, für eine Erklärung des Phänomens der in Rede stehenden Classe von Niveauveränderungen des caspischen Meeres, aus dem Innern der Erde local hervorwirkende vulcanische Kräfte in Anspruch zu nehmen. Die Phänomene des periodischen Steigens und Fallens, wie sie bei dem caspischen Meere und dem Vansee erscheinen, wiederholen sich mit grosser Uebereinstimmung auch bei den Seen der nordamerikanischen Freistaaten. So hat der See Superior seinen niedrigsten Wasserstand im Frühling und seinen höchsten im Spätherbst [1]), und so haben auch die periodischen Niveauschwankungen von unbestimmter vieljähriger Zeitdauer, sowohl bei dem genannten See, wie bei dem Erie, dem Huron, Michigan und Ontario [2]), lange die Aufmerksamkeit der Beobachter erregt und mancherlei Theorien zur Erklärung dieser Erscheinungen veranlasst. Auch die amerikanischen Physiker sind mehr geneigt für eine solche Erklärung meteorologische Gründe von ausgedehnter Wirkungssphäre zu Rathe zu ziehen, als nach localen Veranlassungen auf dem Gebiete mehr oder minder willkührlicher Hypothesen zu suchen.

1) American journal of sciences, 2 ser. VI, p. 19.
2) James Hall, Geology of New York. p. 408 etc.

Erläuterungen.

Zur Tab. I.

Der Zweck dieser Tafel die geologischen Verhältnisse zu veranschaulichen unter welchen die Natronseen auftreten, von welchen pag. 38 die Rede gewesen, versetzt den Beobachter auf den Theil der Araxesebene, wo die palaeozoischen Formationen, welche den Grundbau des armenischen Hochlandes bilden, frei an die Oberfläche treten und einen vorherrschenden Antheil an der physiognomischen Gestaltung der letzteren nehmen. Auf einem verhältnissmässig kleinen Flächenraume durchlaufen diese Formationen die stärksten Constraste in ihren Structur- und Lagerungsverhältnissen. Während z. B. die nahe horizontal liegenden Schichten des Bergkalks am Fusse des grossen Ararat, die das Bett des Araxes auf eine lange Erstreckung bilden, einer in ursprünglicher Lage verharrten flachen Wölbung anzugehören scheinen, zeigt etwas weiter nördlich inmitten der Ebene die Felsinsel von Corvirab die auf das Stärkste zusammengeworfenen, von mehr als einer Dislocationsrichtung afficirten Glieder der devonischen Formation, von Grünsteinbildungen gangförmig durchsetzt. Dagegen enthält der langgestreckte Gebirgszug des

Dsynserlydag,

welcher in den Bereich der Karte tritt, beide Formationen in regelmässiger Ueberlagerung. Es gehört dieser Gebirgszug zu solchen orographischen Formen, die langgestreckten geöffneten Gewölben gleichen, wie sie im schweizer Jura so häufig sind. Der südliche Schenkel des in der Richtung von SO — NW geborstenen Gewölbes ist hier offenbar in die Tiefe des Araxesthales zurückgesunken. Der nördliche Schenkel wendet seine senkrechten Abstürze, die sich von 3 bis 5000 Fuss über das Niveau der Araxesebene erheben, dem Ararat zu. Der Centralkern dieses ausgezeichnet schönen Erhebungssystems gehört der devonischen Formation an, mit einer unteren schiefrigsandigen, und einer oberen kalkigen, versteinerungsreichen Schichtengruppe. Die Gränze zwischen Devonien und Bergkalk wird hier durch eine etwa $1^1/_2$ Faden mächtige Bank eines sonderbaren conglomeratartigen Trümmerkalksteins gebildet, indem eine grosse Menge devonischer Corallentrümmer verschiedener Arten neben anderen unkenntlichen Brachyopodenfragmenten und kleinen Geschieben der schiefrigen Gesteine der devonischen Etage zu bemerken sind. An der Athmosphäre zerfällt dieser breccienartige Kalkstein leichter als die übrigen Gesteine und bietet dann ein Agregat von feinen Trümmern dar. Indess besitzt nicht die ganze Schicht durchweg diese Natur, vielmehr kommen Zwischenpartieen von compacterer Beschaffenheit vor. Das oberste Glied der devonischen Etage wird hier durch

eine quarzfelsartige Sandsteinschicht gebildet, die unmittelbar auf sehr fossilienreichen Kalklagern ruht. Die eisenoxydreichen Partieen stark metamorphosirter und dolomitisirter Devonienschichten deren Ganzes eine längs der ganzen Kette herunterlaufende Zone bildet, deuten auf die Nähe gangförmig aufgestiegener Erupitvgesteine. Der Eisenoxydgehalt einer thonigkalkigen Breccie, welche dieser Zone angehört, steigert sich selbst bis zur Darstellung eines wahren Eisenerzes. Die Bergkalketage beginnt mit dunklen bituminösen Kalken, welche hornsteinartige schwarze Quarzeinschlüsse enthalten, weiter hinauf folgen hier mächtige dolomitische Schichten und Oben hellgraue und lichte splittrige plattenförmige Kalke. Die charakteristischen Zoophyten, Brachyopoden, Gasteropoden und Foraminiferen des Bergkalks fehlen der sicheren geologischen Orientiruug auch in dieser mächtigen Etage nicht. Diesem geborstenen Gewölbe des Dsynserlydag, mit dem Ensemble seiner von einander getrennten Theile, zeigt sich nun die Nummulitenformation unmittelbar und zwar unter stratigraphischen Verhältnissen aufgelagert, die beweisen, dass jenes Gewölbe zur Zeit des Absatzes der Nummulitenschichten bereits bestand, dass die starken Dislocationen, welche dasselbe erlitt, aber erst nach Ablagerung jener Schichten erfolgt sein können. Grünsteindurchbrüche durchsetzen den inneren Bau des Gewölbes in seiner Längenrichtung. Eine starke Zerrüttung an dem südöstlichen Ende desselben übten, nach Ablagerung der Nummuliten führenden Schichten, zuletzt ächte Trachyte aus, deren porphyrartige Beschaffenheit und sonstige oryktognostische Merkmale vollständig mit denen des Trachyts vom Drachenfels im Siebengebirge übereinstimmen. Dem System des Dsynserlydag diametral gegenüber auf der jenseitigen, d. h. der rechten Araxesseite, stellen die auf der Karte als

Güsgündag,

Charuldag und Bogasdag verzeichneten Berge gewissermaassen die östlichen Ausläufer des umfangreichen palaeozoischen Gebirges dar, welches am Südfusse des Systems der beiden Ararate einen Theil des Chanats von Maku einnimmt. Es besteht dieses Gebirge von geringer absoluter Höhe aus zahlreichen, in scheinbarer Verworrenheit zusammengruppirten Felszügen und langgestreckten Plateauhöhen vom Bergkalk bedeckter devonischer Bildungen. Während diese Züge sämmtlich ein schwaches gemeinsames Ansteigen gegen NW befolgen, beherrscht die gesammte reiche Gliederung dennoch ein durchgehender Parallelismus der Hauptzüge von SW — NO, eine Richtung welche die Streichungslinien der dislocirten Schichten auch am häufigsten wahrnehmen lassen. Der Blick von den benachbarten Höhen auf dieses wellenförmige öde Bergland von monotoner Formenentwickelung, dessen Kammlinien grösstentheils in ein und dieselbe Ebene fallen, erweckt den Gedanken an eine Faltung durch Seitendruck, gleichviel ob durch Hebung oder Senkung veranlasst.

Die orographische Verbindung dieses Gebirges mit dem Ararat ist so innig, dass sich mit vollem Rechte sagen lässt, es verschwinde dasselbe in seiner nordwestlichen Forterstreckung unter den gigantischen Lavaströmen, die von den Seiteneruptionen des grossen Ararat [1]) nach jener Richtung ausgingen.

In Folge der gemeinsamen Abdachung des flachen Gebirges gegen die Araxesebene, mehr aber einer unverkennbaren Einsenkung, welche der nördliche Abfall des palaeozoischen Terrains erlitt, bleibt das Gebirge in seiner Hauptmasse ausser Berührung mit dem Araratsystem. Ein flaches 6 bis 8 Werst breites Thal, amphitheatralisch begränzt durch das palaeozoische Gebirge, füllt den Zwischenraum bis zum kleinen Ararat aus; auch entsprechen mehrere dem Araxesthale zugewendete terassenförmige Abstufungen auf dem Boden jenes Thales völlig der Vorstellung einer Statt gehabten Senkung des ganzen Gebietes. Der kleine Ararat, am nördlichen Rande dieser sanft geneigten Flächen sich

1) Abich, sur la géologie de l'Ararat; Bullet. de la soc. géolog. 2ème Série VIII pag. 265.

erhebend, hat dieselben in weitester Ausdehnung mit seinen Laven überströmt, deren Hauptmassen von einer gewaltigen Spaltung ausgingen, die in mittlerer Höhe des kleinen Ararat beginnend, am Fusse desselben mit dem prächtigen lateralen Eruptionskegel des Dujikdag endigt. Diese Lavaergüsse, cascadenartig über die terassenförmigen Stufen des palaeozoischen Untergrundes sich ausbreitend, vereinigen sich mit einem anderen grossen Strome, der, in Folge einer Seiteneruption des grossen Ararat, dem Anscheine nach gleichzeitig mit den Eruptivbewegungen des kleinen Ararat in den nordwestlichen Winkel des amphitheatralischen Thales gelangte und dann die Basis des kleinen Ararat umfloss.

Die Karte zeigt jene Lavamassen, wie sie bereits zu einem Strome vereinigt am nordöstlichen Rande des palaeozoischen Gebirges den Abfluss zur Araxesebene finden, die getrennten Glieder und Ausläufer desselben inselartig von einander isoliren und die Thalöffnungen benutzen, welche jene Ausläufer zwischen sich lassen.

Einen Hauptabzugscanal bietet der Lava das Thal des Güsgündag. Diese letztere, etwa eine Meile lange Bergkette ist ein vom Bogasdag gewaltsam abgetrenntes Stück. Eine spätere Hebung in der Richtung hora 9 hat die Trennung bewirkt. Das ursprüngliche Streichen der Schichten hora 3 ist in der Zerrüttung der Lagerungsverhältnisse beider Thalwände noch ebenso erkennbar, wie die zur Richtung des Thales antiklinale, den Schichten später aufgedrückte Neigung. Dunkelbraune und grünliche quarzführende Porphyre mit fleischgelben Orthoklaskrystallen, geognostisch verbunden mit petrographisch diesen Porphyren verwandten Conglomeraten und rostbraunen eisenreichen Mandelsteinen mit platt linsenförmigen Porphyrkugeln, heben hier die ältesten Glieder der devonischen Bildung zu Tage. Es sind grösstentheils schiefrige Gesteine, bald dunklem Thonschiefer, bald lichtfarbigem Talkschiefer, bald Kieselschiefern sich nähernd. Gemeinsam ist diesen in scharfen Felskämmen aufsteigenden Massen ein gewisses verbranntes Ansehen, welches denselben eine schwarze, beinahe wie Magneteisen glänzende, firnissartige Rinde gewährt, deren Ursprung allein in den Einflüssen der Atmosphäre auf die Gesteine zu suchen ist; denn die den Angriffen der letzteren am vollständigsten ausgesetzten Felsmassen sind auch am intensivsten mit dieser glänzenden Rinde überzogen.

Kalkbildungen bleiben von diesen entschieden metamorphischen Bildungen, welche die Güsgündag-kette und die benachbarten kleinen Felsinseln zusammensetzen, beinahe völlig ausgeschlossen. Indessen kommen Zwischenschichten von dunkelgrauen kalkigen Schiefern von Kalkspath durchsetzt vor, erfüllt mit plattgedrückten und durch Biegung des Gesteins gänzlich verzerrten Spiriferen und Producten.

In den benachbarten Bogasbergen dagegen unterteufen ganz dieselben Felsarten eine kalkreiche Abtheilung derselben Formation, in welcher nebst quarzigen Sandsteinen und groben Kalken, Dolomite und eisenreiche Dolomitbreccien auftreten, die schöne Marmorvarietäten darstellen. Deutliche Fossilien lassen über den devonischen Charakter auch dieser Bildungen keinen Zweifel. Vorherrschend scheint in diesem ganzen Berggebiete im Süden des Ararat aber der Bergkalk als oberste Formation entwickelt.

Als Träger charakteristischer Fossilien dieses Terrains zeigt sich auch hier wieder vorzugsweise ein lichtgrauer grobkörniger, sehr bituminöser Dolomit und ein fester, sehr homogener Kalkstein, auf dessen künstlich polirten Flächen der Bau ihn erfüllender Corallen schön hervortritt. Von besonderem Interesse für die Geschichte der Natronseen sind nun die topographischen Beziehungen derselben zu der Lava, welche das Thal der Güsgündagkette durchzieht. Auf den gesenkten Stellen der Oberfläche der spaltenerfüllten Doleritlava mit aufgetriebenen Blasen, hat ein schneeweisser

Boden eine Thalsole in stufenförmigen Absätzen und von wechselnder Breite nivellirt. Bittersalzefflorescenzen und Schilfvegetation zeigen sich auf solchen horizontalen Flächen in der Nähe der kleinen

Natronseen No. 1 und 2.

Der rothe Natronsee, von $1^1/_2$ Werst Umfang, befindet sich in einer flachen schüsselförmigen Einsenkung, die sich an der Oberfläche der Lava gleich nach ihrer Erstarrung gebildet haben muss, denn die Ufer des Sees setzen mit erhöheten schwarzen Rändern an mehreren Stellen scharf und senkrecht ab. Die carmoisinrothe Färbung des laugenartigen Wassers contrastirt scharf mit dem Kranze schneeweisser Salzkrusten, welche den ganzen See längs seiner flachen thonigen Ufer bedecken. Eine Salzhaut wie sie auf schwerkrystallisirenden Salzlösungen gewöhnlich ist, verschleiert hier und dort die röthliche Flüssigkeit. Von Oben sinken weisse feste Salzkrusten eine über der anderen auf den Boden des Sees hinab. Jenseits des rothen Sees, der Thalöffnung südlich zugewendet bietet, der 6 — 7 Werst lange

Natronsee No. 3 und 4.

eine andere Depression dar, welche in der Lava stattgefunden hat. Ueberall lassen sich auch hier die Ränder der eingesunkenen Lavadecke erkennen: stufenförmig steigt man von ihnen zum See hinab. Sonderbar ist es, dass am Südostende des Sees, da wo das flache Thal in die Ebene mündet, gar keine Lava wahrzunehmen ist. In weiterer südlicher Ferne sieht man sie erst wieder bedeutend über das Niveau der Araxesebene auf der rechten Araxesseite hinunterziehen. Zwei Stunden weiter bildet sie wiederum das rechte hohe Ufer des Araxes. Die palaeozoischen Bildungen setzen in der Richtung und mit Beibehaltung ihres Hauptstreichens auch auf die linke Araxesseite hinüber und treten durch die östliche Verlängerung des Charuldag mit ihren Aequivalent-Bildungen im Daralagezgebirge in Zusammenhang, wo das tiefe Arpatschaithal jedenfalls die ältesten Sedimentbildungen Armeniens aufschliesst.

Die armenischen Geographen, in richtiger Würdigung der physikalischen Bedeutung welche dieser palaeozoische, quer durch das Araxesthal setzende Hügelzug als Gränzmauer zwischen zwei Stufen der grossen Araxesthalebene besitzt, nannten die Stelle wo der Araxes zwischen den devonischen Felsbildungen des Güsgündag und des Charuldag hindurchströmmt, Dagna oder das Thor.

Das interessante Abhängigkeitsverhältniss zwischen den geologischen Verhältnissen der die Araxesebene umgränzenden Gebirge und den hydrographischen Zuständen auf jener Ebene, ist auf eine besonders klare Weise in den

Karassuquellen von Buralan

ausgedrückt, die nördlich von den Natronseen noch in den Bereich der Karte fallen. Diese Quellen von unveränderlicher Temperatur, welche mit der Stärke eines kleinen Flusses auf der Ebene austreten und so überraschend mit der Wasserarmuth der dürren Araratabhänge contrastiren, verdanken ihr Dasein allein dem vulkanischen Baue und insbesondere den Laven des benachbarten Araratsystems. Die flachen Hügel von Buralan die dem Blicke auf der wassergleichen Ebene längs des Araratfusses schon aus weiter Ferne einen Anhaltspunkt gewähren, liegen genau in der Verlängerung des zur Araxesebene sich abwärts senkenden Hochthales zwischen dem kleinen und grossen Ararat. Massige Lavaströme bedecken den Boden jenes breiten Thales mit stufenförmigen Absätzen und dehnen sich, kleinen Gebirgsrücken vergleichbar, bis nahe zur Ebene aus. Ihre Entstehung hängt mit Spalteneruptionen zusammen, die hier wohl grösstentheils auf den grossen Ararat

zu beziehen sind. Die Hügel von Buralan bilden flache Dolerit-Wölbungen, in zahllose polyedrische Blöcke zertheilt, die wie durch Kunst zusammengefügt sind. Diese Massen hängen mit benachbarten flachen und deutlichen Kratern zusammen, von deren rothverschlackten Rändern Laven ausgehen, die da wo sie sich unter der Diluvialbedeckung der Ebene wieder verlieren, vollkommen den Schichtenköpfen grosser Ströme gleichen, wie sie am Fusse des Aetna oder des Vesuvs gesehen werden. Unter diesen Laven und am Rande derselben treten die mächtigen Quellen von 12°4 R. hervor und indem sie breite kluftartige Spalten ausfüllen, die senkrecht in unbekannte Tiefen durch das massive Lavaterrain niedergehen, bilden sie ein System von dunklen Seen, deren ansehnliche Grösse durch dichtes Schilfgebüsch von allen Seiten masquirt wird. Es unterliegt keinem Zweifel dass diese Karassuquellen theils den wässrigen Niederschlägen, theils den Condensationen ihren Ursprung verdanken, den die rauhen uud porösen Gesteinsmassen in der oberen Bergregion beider Ararate auf die in der Atmosphäre aufgelösten Wasserdämpfe fortwährend ausüben. Die sogleich nach ihrer Bildung in die Tiefe geführten und der Verdunstung entzogenen Wasser finden in der geognostischen Disposition der festen Lavaströme, die sich lagerartig unter den lockeren Schlacken und Trümmerbildungen ausbreiten, die Bedingungen vereinigt, um an den Ausgangspunkten dieser Bildungen in den Thalebenen zu starken Quellen vereinigt auszutreten.

Auf diese Weise erzeugt und unterhält das Araratsystem, dessen hydrographische Bedeutung auf den ersten Blick null zu sein scheint, in seinem ganzen Umkreise eine grosse Anzahl solcher wasserreichen Quellen, Bäche und Flüsschen bildend, die im Süden dem Makutschai und in Nord und Ost dem Araxes zufliessen.

Die überaus günstige Disposition, welche das zerrüttete palaeozoische Gebirge des Dsynserlydag für Wasseransammlungen in der Tiefe darbietet (Siehe Profil 3), bedingt auch höchst wahrscheinlich die schönen wasserreichen Quellen welche längs der Südseite des Gebirgszuges bei Dawalu und Sardarak, wie auch zwischen beiden Orten, unmittelbar aus dem Felsterrain treten. Das Auftreten dieser Quellen constanter Temperatur, welche grösstentheils die mittlere Bodentemperatur der Orte ihres Erscheinens übertreffen, längs des äusseren Randes der eingesunkenen und steilgestellten Hälfte des Gebirgsgewölbes von Dsynserly, spricht sehr für die Wahrscheinlichkeit, dass Bohrungen auf artesische Brunnen am Rande der so äusserst wasserbedürftigen Ebene längs dieses Gebirgszuges von Erfolg begleitet sein werden.

Zur Tab. II.

Die Fig. 1. b. und 1. c. zeigen die von der kalkigen Hülle befreite, im caspischen Meere am Häufigsten vorkommende, an Rosalina simplex d. Orb. erinnernde Foraminiferenform in unversehrtem Zustande. Die natürliche Grösse dieser Schale ist 0.32 millim.

Die Fig. 1. a. lässt in dem auf der Bruchfläche des Gesteins hervortretendem Querdurchschnitte der Art eines wahrscheinlich anderen Genus aus der Turbinoidenfamilie der Helicostegier d. Orb. acht leere Kammern der gewundenen Schale erkennen.

Fig. 2. Die 21fache Vergrösserung einer kleinen 0.60 mm: grossen Paludina, welche einen nicht unwesentlichen Antheil an der Zusammensetzung des oolithischen Kalksteins nimmt. Die unter dem Einflusse des freie Kohlensäure enthaltenden Gases von der dünnen incrustirenden Kalkhülle befreiten Schalen treten in Menge nebst grösseren Paludinen und Rissoen in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit mit Perlmutterglanz an der aufgelockerten Oberfläche des Steins hervor.

Fig. 3. a. b. zeigen die unter den mikroscopischen Bivalven in dem fraglichen Steine vielfach wiederkehrende Form von 0,46 mm: natürlicher Grösse, welche wohl auf Congeria polymorpha zurückzuführen ist, in 25facher Vergrösserung.

Fig. 4. a. b. c. giebt, in 31facher Vergrösserung, eine problematische Univalve, die man geneigt sein könnte für die Brut einer Delphinula zu halten, wenn dieses Genus dem kaspischen Meere nicht durchaus fremd wäre. Es ist bemerkenswerth, dass ich unter einer grossen Anzahl der verschiedensten Foraminiferen, die ich auf der Nordseite des Kaukasus (an einer Bull. phys. math. T. XIII. pag. 355. näher angegebenen Localität) auf mitteltertiairer Lagerstätte angetroffen, mikroscopische Schalen beobachtet habe, welche von der Fig. 4. a. b. c. dargestellten Form nicht zu unterscheiden sind.

Die Fig. 5. a. u. b. zeigen eine wesentlich von der Fig. 1. c. abweichende Turbinoidenform, die dem Genus Rotalina angehören dürfte, mit abgebrochener letzter Kammer und deshalb entstellter Oeffnung. Diese Foraminifere gehört dem schwarzen Meere an; sie fand sich in einem glimmerreichen Sande, durch welchen an der Küste des cymmerischen Bosporus, auf der Halbinsel Taman, ein höheres Meeresniveau 14 Fuss über dem heutigen Spiegel des schwarzen Meeres angedeutet ist. Dieser Sand schliesst die subfossilen Schalen gleicher Molluskenarten ein, wie sie noch heute im schwarzen Meere leben. Natürliche Grösse der Schalen Fig. 5. a. b. 0.45 mm.

Fig. 6. Eine bisher noch nicht beobachtete, mit dem pag. 13 beschriebenen Steine von Meeresgrunde heraufgezogene Rissoa, die als *Rissoa cincta* zweckmässig zu bezeichnen sein würde.

«Rissoa testa parvula, ovato-ventricosa, laevi, fulva; anfractibus senis subconvexis, superne annulo suturali cinctis; anfractu ultimo ad peripheriam rotundato; apertura oblongo-ovata, obliqua, plus quam tertiam partem longitudinis superante, basi sinuosa; labro acuto producto, superne subcanaliculato.»

Die Schale von röthlichbrauner Farbe, beinahe spindelförmig, etwas bauchig. Das Gewinde besteht aus zwei embryonalen und vier schwachconvexen Mittelwindungen, welche an ihrem oberen Ende mit einem schwachgekielten Suturalwulst versehen sind.

Die Schlusswindung ist abgerundet, die Basis glatt, die Mündung eiförmig, verlängert schief. Der rechte Mundsaum scharf, an seinem oberen Theile zum schwachen Suturalcanale ausgebuchtet. Länge 3 bis 4 millim.;

Fig. 7. stellt die verkieselten Spiculae, in 80facher Vergrösserung dar, welche nach dem Glühen des Spongiarasens so genau in ihrer ursprünglichen Stelle und Lage zurückbleiben, dass die Sternzeichnung mit unveränderter Deutlichkeit in dem erhaltenen Kieselskelet zum Vorschein kömmt. Ein Druckfehler giebt pag. 13 die 0.005 millim. betragende Dicke der Spiculae zu 0.05 mm. an.

Fig. 8. a. b. Ein Stück des Steines, aus welchem die Gasquellen am Meeresgrunde in der Bucht von Baku hervortreten, mit der pag. 13 näher beschriebenen Spongiaart bedeckt.

b. Ein vergrössertes Stück desselben Spongiarasens, vergrössert.

Druckfehler.

Pag. 3,	Zeile 15:	anstatt	Analyse	zu	corrigiren	Analysen.
» 8,	» 8:	»	X	»	»	+.
» 9,	» 19:	»	0.0924 $\dot{M}g$	»	»	0.0464 $\dot{M}g$.
» 10,	» 16:	»	100.00 . 100.00	»	»	100.80 . 99.99.
» 15,	» 10:	»	1.161 kohlensaure Magnesia	»	»	1.161 grm. kohlensaurer Kalk.
» 17,	» 18:	»	kohlensaurer Kalk 27.5	»	»	kohlensaurer Kalk 27. 85.
» »	» 28:	»	Glühverlust 9.071	»	»	Glühverlust 9. 01.
» 23,	» 32:	»	2.7827 $\ddot{S}$	»	»	2.7827 $\dot{C}a$ $\ddot{S}$.
» »	» 31·	»	0.0104 Ka $\epsilon\iota$	»	»	0.0104 Da $\epsilon\iota$.
» »	» »	»	0.0086 Ka	»	»	0.0086 Ca.
» 24,	» 8:	»	0.103 $\epsilon\iota$	»	»	0.0994 $\epsilon\iota$.
» »	» 11:	»	mit Rücksicht auf den vom Mg aufgenommenen O, 6.615 grm.	»	»	6.5889 grm.
» »	» 12:	»	22.28%	»	»	22.19%.
» 25,	» 7:	»	100.96	»	»	99.96.
» 35,	» 37:	»	Lonthgated	»	»	Southgate.
» »	» 39:	»	Joubert	»	»	Jaubert.
» 37,	» 10:	»	223.0540 und 3.8785	»	»	223.0520 und 3.8685.
» »	» 30:	»	28.45	»	»	2.845.
» 47,	» 14:	»	Soda-Arten	»	»	Sodapflanzen-Arten.

GEOLOGISCHE-KARTE
DER NATRONSEEN

an der südöstl. Basis des kl. Ararat
im Chanat von Maku.

1 *Der rothe See mit den Salzkrusten*
2 *Die kleineren Natronseen*
3/4 *Aehnliche Seen mit wenig Natronsalzen*
5 *Sauerwasser von 19° R T*
6 *Karassuquellen von 12°4 R constanter T*

Das Terrain auf der rechten Seite des Karassu gehört zum Chanat von Maku. Die Gesteine, welche die Berge der Güsgündag kette zusammensetzen gehören der devonischen Formation an. Es sind talkreiche Schiefer und Thonschiefer, unreine Kalke mit Spirifer und Productus; rothe Conglomerate und Sandsteine. Die Schichten dieser Formation sind von rothen Quarzporphyren und deren Mandelsteinen durchbrochen und dislocirt

— *Der horizontale Strich bedeutet die Richtung des Streichens der Schichten zum Meridian und der Pfeilstrich das Einfallen derselben gegen den Horizont.*

Alluvialbildungen

1 2 3 4 5 Werst

62° 30' Oestl. Länge

Dsynserlydag
Aalwa
Davalus Post
Quellen
Buralan Wachtenpost
Karassu
Weg vom Ararat nach Nakhitschewan
Nicht
Sumpfiges Terrain mit schönem Gras-wuchs
Cultur fähige Steppe
Araxesebene
Quellen
Sardarak Post
Lava vom kleinen Ararat
Gesandag
Charuldag
Araxesebene
Bogasdag

39° 30'

Prof. I. Bogasdag — Güsgündag — Charuldag

Der rothe See 1
Natron Seen 2
Lava
Araxes 2400
Alluvialbildungen

Prof. II. Bogasdag

See 3
See 4
Lava
Güsgündag Südende
Araxes 2400
Alluvial bildungen

Prof. III.

Dsynserlydag 7872'
Dorf Dsynserly 6020
Fusulinenkalk
Bergkalk
Devonische Schichten
Sardarak 2800
Starke Quellen von 14.4
Alluvialbildungen

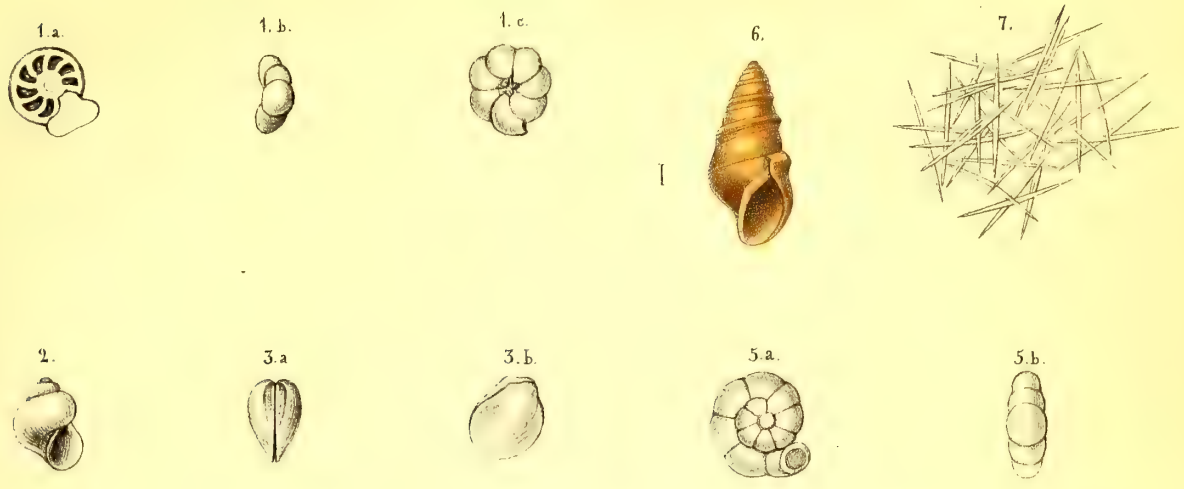
(c) Conglomerate aus Trümmern von Bergkalk u. devonischen Kalken (e) Eruptivgesteine

Palaeozoische Form. — Nummuliten Form. — Dolerit Lava

1 2 3 4 5 6 Werst

Maassstab für die Profile Verhältniss der Länge: Höhe 1:2

Mém. sc. math. phys. T. VII. *Abich über Casp. Meer, Urmia u. Vansee.*



W. Pape n. d. Natur gez.

UEBER

DAS STEINSALZ UND SEINE GEOLOGISCHE STELLUNG

IM

RUSSISCHEN ARMENIEN

VON

H. ABICH.

Nebst zehn Tafeln.

Gelesen den 14. December 1856.

PALAEONTOLOGISCHER THEIL.

Erster Abschnitt.

Der fragmentarische Charakter dieser Arbeit, welche die Beschreibung einer Anzahl von Fossilien enthält, die auf 9 Tafeln mit der Angabe — «Tertiairfossilien aus Adzerbeidjan und Armenien» — abgebildet sind, verlangt nebst einleitenden Bemerkungen über die geologische Stellung, in welcher jene Fossilien gefunden worden sind, eine Andeutung des Abhängigkeitsverhältnisses, in welchem sich diese palaeontologischen Beiträge zu der angekündigten Abhandlung befinden, die über das Steinsalz und die Gesetze seines Erscheinens im russischen Armenien handeln soll.

Wiederholte, wenn auch keineswegs nach allen Richtungen erschöpfend zu nennende geognostische Untersuchungen des Araxesthales von Kagisman bis zur Einmündung des Flusses in den Kur hatten meinen Ansichten von den Lagerungsverhältnissen der cretensen und supracretensen Bildungen daselbst sowohl in ihren Beziehungen unter sich wie zu den älteren Formationen, denen sie auflagern, eine sichere Grundlage gegeben. Ich hatte den Vortheil, diese Ansichten mit den Erfahrungen beharrlicher geologischer Studien in Grusien und im Kaukasus verbinden und den Horizont meiner speciellen geognostischen Anschauungen in Armenien auf wiederholten, freilich nur cursorischen Excursionen jenseits der türkischen und persischen Gränze erweitern zu können, die mich im Verlaufe mehrerer Jahre nach einander von Maku über Bayazid bis nach Dyadin am Muradtschaï, von Alexandropol nach der Hochebene von Erzerum, und im Jahre 1852 von Djoulfi nach Tábriź führten.

Schon im Jahre 1844 hatte ich mit dem überwiegenden Antheil, welchen die Kreide und Nummulitenformation an der geologischen Constitution dieser, der östlichen Seite der taurischen Hochgebiete angehörenden Länder nehmen, auch den grossen Werth erkannt, welchen das Genus Nummulites für geognostische Orientirung auf dem armenischen Hochlande besitzt. Die

Beispiele übergreifender Lagerung von Nummulitenkalken auf Kreidemergel mit *Inoceramus* und *Micraster* in der Nähe von Nachitschevan, bestimmten mich in brieflichen, aber nicht veröffentlichten Mittheilungen nach St. Petersburg im Jahre 1845 meine Ueberzeugung dahin auszusprechen, dass die Nummuliten führenden Schichten Armeniens als ein selbstständiges von der Kreideformation getrennt zu haltendes Formations-Ganzes aufzufassen seien.

Eine Zeitlang war ich der Ansicht, dass die Steinsalzformationen, die ich bei Kagisman, Kulpi, Nachitschevan und auf einer Reise von Erzerum nach dem Tschorok bei Olti kennen gelernt hatte, in die oberste Etage jenes Formations-Ganzen zu setzen und somit dem Nummulitenterrain beizuzählen seien. — Als ich mich indessen überzeugt hatte, dass miocene Ablagerungen, wie sie in die Längenthäler des südlichen Kaukasus eindrangen, auch obere Thalstufen des Kur und seiner Zuflüsse erreichten, hielt ich die Verbreitung derselben auch über die Räume für wahrscheinlich, welche die Thalebenen des oberen Araxesgebietes einnehmen. Fortgesetzte Untersuchungen haben diese Voraussetzungen durch palaeontologische Beweise bestätigt und gezeigt, dass die gesammte Schichtenfolge der sedimentären Gesteine, welche auf dem armenischen Hochlande zwischen dem Kreideterrain und dem Alluvium auftreten in drei Gruppen zerfällt, welche in absteigender Reihe die folgenden sind:

1. Diluviale Bildungen;
2. Mitteltertiaire Bildungen;
3. Nummuliten-Gesteine.

Die erste Gruppe schliesst vorzugsweise mächtige Ablagerungen lockerer Kalktufe und Geschiebe-Conglomerate ein, deren Niederschlag und Bildung unter dem wahrscheinlichen Einflusse einer sehr starken Thätigkeit viel Travertin absetzender Quellen in stufenförmig aneinander gereihten Thalbecken stattfand und welche daselbst in übergreifender, meistentheils horizontaler Lagerung auf älteren Bildungen ruhen. Zu den Schichten dieser Gruppe gehören: feste, mit vulkanischen Trümmern gemengte, *Congeria polymorpha* einschliessende Travertinkalke auf der Hochebene von Erzerum, und lockere Kalktufe bei Ani und Erivan auf der Araxes-Ebene; so wie diesen Bildungen untergeordnete, sehr bedeutende Ablagerungen von trachytischen Tufen und anderen vulkanischen Trümmerprodukten. Als die ältesten Glieder dieser Gruppe scheinen besonders die auf den unteren Stufen des Araxes-Hochthales den Rändern der grossen Ebene anlagernden festen Conglomeratschichten betrachtet werden zu müssen, deren Wichtigkeit für Quellenbildung bei dem Dorfe Guewrak und bei Nachitschevan (2600 p. F. über dem Meere) besonders deutlich zu erkennen ist.

Die zweite Gruppe begreift ein physikalisch und petrographisch sehr eigenthümlich constituirtes, aus Conglomeraten, Sandsteinen und bunten Mergeln bestehendes Formations-Ganzes. — Ein aussergewöhnlicher Gehalt von Eisenoxyd zeichnet sämmtliche Schichten dieser Gruppe, insbesondere aber die Conglomerate und Sandsteine im Liegenden der Steinsalz und Gyps führenden Mergel aus. Daher zeigen sie in ihrem geognostischen Verhalten eine grosse

Aehnlichkeit mit den untern Gliedern der Trias; ja, sie führen Erscheinungen vor, welche, wie bei Djoulfi und Nachitschevan, lebhaft an gewisse Gebiete der alten rothen Sandsteinformation erinnern. Die absolute und relative Mächtigkeit dieser Schichten ist sehr verschieden und schwer zu bestimmen. Rothe Conglomerate und Sandsteine gewinnen längs der Gränze zwischen der Araxes-Thalstufe von Nachitschevan und Ordubad die massenhafte Entwicklung einer Nagelfluhformation, die sich in einem weiten Bogen um die ganze südöstliche Hälfte der Steinsalzmulde von Nachitschevan legt. Auf den oberen Stufen des Araxes-Thales treten diese Conglomerate vor der Mächtigkeit zurück, womit z. B. am nordwestlichen Fusse des Ararat und im Innern der Steinsalzmulde von Kulpi eine tufartige Varietät des bunten Sandsteins, mit sehr gestörten Lagerungsverhältnissen erscheint und sich als Fundamentalbildung der rothen Mergel (*marnes bigarrés*) zu erkennen giebt.

Diese Mergel schliessen im Becken von Nachitschevan und Kulpi in ihren unteren Schichten durchaus kein Chlornatrium, wohl aber Gyps und Bittersalz ein und gehen unter allmählicher Abnahme der Eisenoxydfärbung in die helleren, besonders gypsreichen Thonmergel der obersten Abtheilung über, die das Steinsalz enthalten. Es wird deutlich, dass der Eisenoxydgehalt der thonigen Bestandtheile in den Gliedern dieser Gesteinsgruppe mit der Entfernung von gewissen Oertlichkeiten sich verringert, welche in dem physikalischen Theile dieser Abhandlung als die Schauplätze einer in der neogenen Zeit durch Eruptionsspalten wirksam gewesenen plutonischen Thätigkeit erläutert sind. Mit dem umfangreicheren Eintreten heller Gypsmergel mehren sich die späthigen und alabasterartigen Ausscheidungen des schwefelsauren Kalkes; wie bei Erivan, wo ein solches Gypsvorkommen in der flachen Mulde von Oktapert durch starke Förderungsarbeiten aufgeschlossen ist. Auch zeigt es sich, dass kalkige und dunkelgraue Molassensandsteine, an deren Zusammensetzung die feinen Trümmer mechanisch und chemisch zerstörter Eruptivgesteine Theil nehmen, als Aequivalentbildungen für die bunten Mergel eintreten können, und dass somit auch diese Gattung von Gesteinen den oberen Gliedern der in Rede stehenden zweiten Formationsgruppe beizuzählen ist. In den Thaleinschnitten des Araxes-Flussbettes auf der unteren Hälfte der Araxes-Ebene im Süden des Ararat wird es sichtbar, dass die hellen, an erdigem Gyps reichen Mergel einen wesentlichen Antheil an der fundamentalen petrographischen Ausbildung dieser weiten und flachen Mulde genommen haben. Mit der Annäherung an die eigentliche Steinsalzmulde von Nachitschevan werden diese hellen Schichten allmählig durch die rothen thonigen Mergel verdrängt, welche viele regellos zerstreute Gypskrystalle einschliessen. Die fossilen Reste, welche nach und nach in den Sandsteinen, tufartigen Mergeln und grauen Molassensandsteinen der hier nur in kurzen Zügen geschilderten Gruppe aufgefunden worden sind, haben sich nun, wie nach Anleitung der Tab. VI u. IX im zweiten Abschnitt näher bewiesen wird, als die Repräsentanten derjenigen Abtheilung neogener Bildungen erwiesen, welche d'Orbigny als *Terrain Falunien* bezeichnet.

Die dritte Gruppe, «das Nummulitenterrain», wird von der vorhergehenden nur auf der unteren Araxes-Thalstufe bei Nachitschevan geognostisch scharf durch die rothen Conglomerate geschieden. Die Nothwendigkeit beide Formationsgruppen auch geologisch von einander ge-

trennt zu halten, beruht indessen nicht allein auf der specifischen Verschiedenheit der fossilen Reste beider, sondern auch auf den häufig vorkommenden Fällen einer ungleichförmigen Lagerung der Schichten der ersten Gruppe auf verschiedene Glieder des Nummulitenterrains; wovon die nähere Erörterung und Deutung der anderen Abtheilung dieser Abhandlung anheimfällt.

Die Felsarten, welche auf dem armenischen Hochlande das Nummulitenterrain zusammensetzen, stellen sich in abwärts gehender Reihenfolge unter Annahme normalen Lagerungsverhältnisses als Kalksteine, Sandsteine, Mergel und Conglomerate dar. Entweder sind die Kalksteine feinkörnig, dicht, von weisser und graulicher Färbung und mehr oder minder marmorartiger Beschaffenheit und bilden sehr bedeutende Schichten, oder sie sind unrein, thonig breccienartig und stark von Eisenoxyd gefärbt, Lager von geringer Mächtigkeit darstellend.

Die gewöhnlich kalkreichen Sandsteine sind in der Regel gelblich und röthlich braun; mitunter nehmen sie den Charakter einer dunkelbraunen Breccie mit eckigen Kalktrümmern und thonigem Bindemittel an, und werden nicht selten durch mächtige Trümmerschichten mechanisch zerstörter trachytischer und anderer Eruptivgesteine von grünlichgrauen Farbentönen vertreten. Die Verbindung solcher Trümmersandsteine vom feinen bis zum gröbsten Korn mit gleichgefärbten mergelartigen Schichten, bisweilen im Wechsel mit dunkelfarbigen Felsit- und Thonsteinporphyr-Varietäten in lagerförmiger Anhäufung, wie auch mit Hornblende reichen Feldspathgesteinen, ist ebenfalls wahrzunehmen. Parallel mit solchen Schichten treten auch wohl helle kalkige Mergel ein, die dem Pläner der Kreideformation gleichen und durch Aufnahme von Eisenoxyd einer intensiv rothen Färbung unterliegen können. Die Conglomerate bestehen auch in dieser Gruppe aus abgerundeten Geschieben der verschiedensten Grösse, in welchen die sedimentären und krystallinischen Felsarten sämmtlicher Formationen, die in Armenien unter dem Nummulitenterrain vorkommen, eine Vertretung finden. Feinkörnige Travertinsubstanz verbindet diese Gerölle zu sehr festem Puddingstein, der gewöhnlich rostbraun durch Eisenoxydhydrat gefärbt ist. Als aequivalente Bildungen dieser Art sind in dem nördlich die Araxes-Ebene begränzenden Gebirge (Daralagez), marmorartigen Nummulitenkalken untergeordnete Conglomerate zu betrachten, gebildet aus kleinen Geschieben von Marmor, Quarz- und Porphyrtrümmern, die durch dichten hellgrauen Kalk zu einer Felsart von grosser Festigkeit verkittet sind. Indessen sieht man diese Conglomerate mitunter auch im Daralagezgebirge eine röthliche Färbung annehmen und in eine zinoberrothe Breccie übergehen, durch welche an den Steilabstürzen hoher Thalgehänge die Gränze zwischen dem Kreide- und Nummulitenterrain bisweilen als dunkelrothe Zone auf weite Strecken sichtbar wird. Bei der mitunter bedeutenden physikalischen Aehnlichkeit dieser Conglomerate des Nummulitenterrains mit den eisenoxydreichen Nagelfluhbildungen und Sandsteinen der vorgenannten Molassengruppe, würde eine Verwechselung beider unter Umständen leicht sein können, wenn der petrographische Charakter der Geschiebe selbst nicht bestimmte Unterscheidungsmerkmale darböte, die namentlich in dem Umstande ihre Stärke haben, dass die Conglomerate der jüngeren Formation viele Geschiebe der sedimentären Felsarten aus der Gruppe der Nummulitenperiode führen, und durch das gleichzeitige Mitauftreten von Rollstücken, gewisser in den älteren Schichten nicht

wahrgenommener krystallinischer Felsarten, der vergleichenden Beobachtung Anhaltspunkte geboten werden, von welchen in der andern Abtheilung dieser Abhandlung ausführlich die Rede ist. Für die genaue Orientirung in diesem, durch Dislocationen so ungewöhnlich zerrütteten Gebiete sind indessen die positiven und negativen palaeontologischen Merkmale innerhalb der Mehrzahl der in Rede stehenden Formations-Gruppen ganz unentbehrlich. Wenn auch im Allgemeinen die Fauna, welche dieser Periode eigenthümlich ist, in dem Nummulitenterrain, so weit es als fundamentale Bildung für die Steinsalz führende Mergelformation innerhalb des Araxesgebietes vor die Beobachtung tritt, eine numerisch nur schwache und einer genauen Bestimmung, zumal der Mollusken, wenig günstige Vertretung findet, so gewährt doch die Häufigkeit, in welcher eine gewisse Anzahl von Nummuliten- und Orbitulitenspecies vorzüglich in den der Formation angehörigen Kalksteinen, Sandsteinen und sandigen Mergeln auftritt, der Untersuchung einen augenblicklichen und sicheren Schluss. Da ein tieferes beschreibendes Eingehen in diese Verhältnisse hier nicht in meiner Absicht liegt und einer anderen, das gesammte Nummulitenterrain im Kaukasus und Armenien speciell in das Auge fassenden Abhandlung vorbehalten bleiben muss, mit welcher ich beschäftigt bin, so führe ich hier nur einige von den Nummulitenspecien an, welche innerhalb des Araxesgebietes überhaupt von mir beobachtet worden sind, den Bestimmungen und der Nomenclatur folgend, wie sie von d'Archiac und Jules Haimes in ihrer Monographie[1]) kritisch festgestellt worden sind: *Nummulites intermedia*, *N. laevigata*, *N. perforata*, *N. Ramondi*.

Dagegen verlangt der Zweck dieser Schrift, eine dichte graue, besonders Korallen beherbergende Kalkbildnng hier etwas näher in das Auge zu fassen, die ich in dem Verhältniss concordirender Lagerung auf den Nummulitenkalken ruhend, mehrfach beobachtet habe. Ohnerachtet der Bestimmtheit des negativen palaeontologischen Charakters, den diese Kalk-Etage durch die constante Abwesenheit der Geschlechter *Nummulites*, *Orbitulites*, *Operculina* und *Alveolina* überall zu erkennen gab, bestimmte mich doch das conforme Auflagerungsverhältniss desselben auf den Nummulitenkalk, welches ich in Armenien und so weit meine Untersuchungen auf persischem und türkischem Gebiete reichten, immer gleichbleibend gefunden habe, diese problematische Kalk-Bildung eine Zeitlang für einen integrirenden Theil der Nummulitenformation, gewissermassen für eins ihrer letzten Glieder zu halten. So lange ich noch keine Veranlassung hatte die Gruppe der rothen Sandsteine mit den Steinsalz führenden Mergeln geologisch von der Nummulitenformation zu trennen, mussten mich die Fälle in meiner Ansicht bestärken, wo ich obere Glieder jener Mergelgruppe der so eben angedeuteten Kalk-Bildung ohne Nummuliten aufgelagert fand (wie am Gedargandag zwischen Maku und Bayazid). Mit besonderer Deutlichkeit erkannte ich dieses Verhältniss auf einer Reise, die mir einen Einblick in die Geologie der alpinen Kalkgebirge gewährte, welche die Thalebene von Bayazid südlich begränzen und in ihrer südöstlichen Forterstreckung die Richtung des Makutschai, bis zu dem Eintritte dieses Flusses durch den Gebirgseinschnitt des Thales von Maku, in die Thal-

1) Le terrain nummulitique de l'Inde.

ebene von Nachitschevan bestimmen. Die bedeutenden Zerrüttungen, welche diese zu einem, dem Nummulitenterrain angehörigen Systeme verbundenen Gebirgszüge erlitten haben, hängen mit den Durchbrüchen von Gesteinen aus der Familie des Gabbro zusammen. Das in kurzen Intervallen immer wiederkehrende Erscheinen dieser Felsarten von dem südlichen Eingange des Thales von Maku bis nach Bayazid und Dyadin verfolgend, sah ich jenseits des 7288 Fuss über der Meeresfläche erhabenen Passes am Gedargandag nach Bayazid hinabsteigend, die Auflagerung der rothen Sandsteine und Mergel auf jenen, die Schichten des Nummulitengebirges in gleichförmiger Lagerung bedeckenden, nahe vertikal gestellten Kalk. Das Empordringen des Grabbo und seiner Mandelsteine bei Bayazid, wie längs der Wasserscheide zwischen Muradtschai und Araxes, so wie der umwandelnde Einfluss dieser Felsarten auf die Sandstein- und Mergelformation, machten die Gründe der unglaublichen Zerrüttung klar, welche das gesammte Gebirge des Gedargandag ganz unbezweifelt erst nach der Ablagerung der miocenen Sandstein- und Mergelbildungen erlitten hat (vergl. Tab. X. fig. 9). Nach diesen Erfahrungen, welche auf die Vorstellung von dem jugendlichen Alter der Periode wesentlich influiren, in welche die grossen emporhebenden Bewegungen zu setzen sind, die das Relief des heutigen armenischen Hochlandes in seinen Grundzügen gestaltet haben, musste die Abwesenheit der Nummuliten in dem fraglichen Korallenkalke den Zweifel an der Richtigkeit der für denselben in Anspruch genommenen geologischen Stellung bedeutend vermehren und zu einer genaueren Untersuchung seines palaeontologischen Inhaltes auffordern.

Umstände, welche solchen Untersuchungen günstig gewesen sind, haben mich in den Stand gesetzt eine berichtigte Ansicht an die Stelle der früheren zu setzen und durch dieselbe den palaeontologischen Gründen für die miocene Stellung der Steinsalz führenden Formation in Armenien wie in Klein-Asien grössere Beweiskraft zuzuführen. Bevor ich indessen zu der Entwickelung und Begründung dieser Ansicht übergehe, wird es angemessen sein noch einmal zu der Gruppe der rothen Sandsteine und Gyps führenden Mergel zurückzukehren, und mit Andeutung der lokalen Lagerungsverhältnisse ihrer respectiven Glieder, das Wenige beschreibend zu fixiren, was von dem fossilen, nur äusserst sparsam verbreiteten Inhalte jener Schichten von mir hat aufgefunden werden können.

A. Die Fossilien aus der Gruppe der bunten Sandsteine und der Gyps führenden Mergel mit ihren Fundorten.

Von besonderer Wichtigkeit ist in dieser Beziehung die Gruppe der Kissilkaja-Berge geworden, welche am nordwestlichen Fusse des Ararat zwischen den Dörfern Argatschi und Taschburun sich 7 Werst ausdehnen und in dem physikalischen Theile dieser Abhandlung ausführlicher beschrieben worden sind.

Die grösstentheils steil gegen die Araxes-Ebene abstürzenden Felswände dieser Berge zeigen von Unten nach Oben folgende Schichten (siehe Profil Tab. X. fig. 2):

a) gelblichen Sandstein mit feinkörnigen und grobkörnigen Conglomeraten abwechselnd, welche Brauneisensteingeoden und grosse Felsit-Porphyrgeschiebe einschliessen und Schnüre von braunrothen sehr eisenschüssigen Mergeln enthalten, etwa 40 Fuss mächtig.

b) Pflanzenabdrücke enthaltende, gelbliche, ziemlich harte Mergel, mit schiefriger Ablösung, in abwechselnder Verbindung mit, dem buntem Sandstein ähnlichen Trümmerbildungen von verschiedener Grösse des Korns, ohne ein bestimmtes Lagerungsverhältniss; in gegenseitiger Durchdringung.

c) Conglomerat- und breccienartige Sandsteinmassen, mit vielen Felsitporphyrtrümmern in Form von eckigen Geschieben. Die grösste Erhebung dieser Bildungen beträgt 679 Fuss über der Ebene.

In der Abtheilung *b*. treten röthlich-braune tufartige Massen auf, deren chemische Elementar-Zusammensetzung eine überraschende Aehnlichkeit mit derjenigen der Tufe vom Pausilip bei Neapel gezeigt hat. Sie schliessen die sparsamen, fast nur als Steinkerne erhaltenen Repräsentanten einer marinen Molluskenfauna ein, welche grösstentheils aus Meeresbewohnern besteht. Es finden sich hier viele Bruchstücke grosser glatter, aber unbestimmbarer Ostreen; eine, meines Wissens bisher noch nicht beschriebene, grosse Mytilusart, die ich Tab. VI als *Mytilus aramaeus* unterscheide. Eine *Bivalve*, der *Cytherea undata* zwar sehr ähnlich, wahrscheinlich aber dennoch dem Genus *Cyrena* angehörig. Dagegen ist eine andere sehr häufige Art mit grösserer Sicherheit für *Cytherea erycinoides* zu halten. Unbezweifelt sind *Venus gregaria*, *V. incrassata*, *Saxicava oblonga*, Tab. VI und *Cerithium tricinctum*. Unter anderen specifisch schwer zu deutenden Arten sind *Arca umbonata* und *Fusus Burdigalensis* als sehr wahrscheinlich zu nennen.

Ueber diesen Tufbildungen lagern hellere tufartige Mergel, welche zahlreiche und wohlerhaltene Pflanzenabdrücke einschliessen. Es repräsentiren dieselben hauptsächlich Wasserpflanzen und Blätter dykotiledonischer Bäume in Verbindung mit sparsamen Resten von *Coniferen*. Unter den Wasserpflanzen zeichnen sich die Halme und Stengel zahlreicher Gewächse aus den Familien der *Gramineen* und *Cyperaceen*, als; *Phragmites oeningensis*, *Cyperites canaliculatus* und *C. Deucalionis* Tab. V, VI u. VIII, vorzüglich aus. Die *Dycotiledonen* sind durch das Genus *Salix* mit *S. angusta* und durch das Genus *Myrica* vertreten, während für die *Coniferen Podocarpus oceanicus* mit Bestimmtheit zu nennen ist, Tab. V. Von besonderem Interesse sind unter diesen Pflanzenresten die sehr häufigen Abdrücke grosser, länglich lanzetförmiger, nach dem Grunde zu verschmälerter Blätter mit ganzem Rande, wie sie unter den lebenden Pflanzen bei *Fourcroya* oder *Agave* vorkommen. Wohl erkennbare, in ockeriger Substanz ausgeprägte, gitterförmige Strukturverhältnisse deuten hier auf ursprünglich sehr fleischige Blätter einer Pflanze, welche ähnlich den *Stratiotes* vielleicht im Wasser lebte, Tab. VIII.

Mit übereinstimmenden petrographischen und palaeontologischen Charakteren wiederholen sich die so eben beschriebenen Bildungen in den Kissiljeri-Bergen im Innern der Steinsalzmulde von Kulpi, die am Vereinigungspunkte des Arpatschai mit dem Araxes etwa 400 Fuss über den Wasserspiegel aufragen. Die geologische Wichtigkeit dieser Lokalität ist um so grösser, da

die geognostische Verbindung, in welche die Porphyrconglomerate, Trümmersandsteine und Tufe mit den Steinsalz einschliessenden Mergeln treten, daselbst klar zu erkennen ist. Das Profil (Tab. X. fig. 1) zeigt die Auflagerung der rothen Mergel, *a.* auf die Conglomerate und Sandsteine; *bc.* bezeichnet einen Puddingstein, in welchem die Geschiebe sämmtlicher Felsarten, welche in diesem Theile des Araxesthales anstehend vorkommen, durch Travertin caementirt sind; eine Felsart, die nach den Durchbrüchen des Gabbro am benachbarten Takjaltu abgelagert sein muss. Mit *d.* ist basaltische Lava bezeichnet.

Das Profil Tab. X. fig. 3 erläutert die Lagerungsverhältnisse bereits früher erwähnter dunkelgrauer Molassensandsteine *a.* Es treten dieselben in der Mulde von Oktapert zwischen Erivan und Garni am nördlichen Rande der Araxes-Ebene als Aequivalentbildungen der bunten Sandsteine und Mergel zu Tage und stehen in enger geognostischer Verbindung mit diesen, wie mit hellen viel Gyps enthaltenden durch *b.* bezeichneten Mergeln; *c.* sind basaltische Laven, die ihren Ursprung vor der Ausbildung der flachen Mulde entschieden vom Agmanganplateau nahmen; mit *d.* sind Trachyttufe von rostbrauner Farbe und Trachytconglomerate bezeichnet, welche jüngerer Entstehung als die basaltischen Laven sind. Nur die Molassensandsteine *a.* schliessen sparsam zerstreute, in Kalkspath verwandelte Molluskenreste ein, unter welchen nur die folgenden Gattungen erkennbar waren: *Anomia,* die ich ohnerachtet einiger Abweichungen in der Oberflächenzeichnung der Schaale, nicht von *A. striata* Broc. zu trennen wage; *Venus incerta* und *V. annulaat.* Ob meine Ansicht, welche diese beiden, bis jetzt, wie es scheint, noch an keinem anderen Orte vorgekommenen Formen dem Genus *Venus* und nicht *Astarte* vindicirt die richtige ist, muss das vermehrte Auffinden besserer Repräsentanten dieser Arten am betreffenden Orte entscheiden.

In dem engen Felsthale, welches die natürliche Schleuse bildet, durch welche der Araxes im beschleunigten Lauf aus der flachen Mergelmulde von Nachitschevan in die Thalstufe von Djoulfi bis Ordubad gelangt, ist der palaeozoische Grundbau des armenischen Hochlandes, an dieser Stelle nur von dem Nummulitenterrain und von den rothen Gesteinen der Sandstein- und Mergelgruppe überlagert, auf einer Strecke von 15 Werst in bogenförmiger Krümmung geöffnet. Die voluminösen Conglomerate und Sandsteinmassen der letztgenannten Formation laufen wie ein blutrothes Band in der Höhe der Thalwände, in horizontaler Lagerung über den auf das Stärkste zerrütteten und durcheinandergeworfenen palaeozoischen Schichten fort. Die scharfe Höhe der linken Thalseite bildet somit einen Theil des südlichen Randes der jenseits sich ausdehnenden Mulde von Nachitschevan. Die geologischen Verhältnisse an einer Stelle dieser Thalseite, einige Werst oberhalb Djoulfi, versinnlicht das Profil Tab. X. fig. 4.

a. bedeutet Bergkalk und devonische Schichten nebst problematischen, derben, splittrigen Kalken und sehr bituminösen Dolomiten. *b.* Nummulitenkalk und kalkigen Sandstein. *c.* Theils sandige, theils kalkreiche Molasse. *d.* Grobes Conglomerat von Geschieben sämmtlicher Felsarten aus der Gruppe *a.* *e.* Homogene rothe, kalkreiche Sandsteine. *f.* Blutrothes Conglomerat von Geschieben aus allen Gebirgsarten, welche an der Zusammensetzung der die Araxes-Ebene einschliessenden Höhen Theil nehmen, mit Ausnahme der vulkanischen Gesteine. In der Schichtengruppe von *c.* ist zugleich eine aschgraue Sandstein-Etage von kalkiger Beschaffenheit

und sehr bedeutender Mächtigkeit mitbegriffen, welche unmittelbar in die braunen Sandsteine übergeht, die von den rothen Conglomeraten und den mit diesen verbundenen Sandsteinen überlagert werden. In dieser Sandstein-Etage finden sich 1 bis $1^1/_2$ Fuss mächtige festere und durch vermehrte Kalksubstanz caementirte Bänke, welche eine Vielzahl von Molluskenschaalen, besonders Gasteropoden einschliessen, die sämmtlich in groben körnigen Kalkspath verwandelt sind und in ihrem nur fragmentarischen und entstellten Zustande der genaueren Bestimmung grosse Schwierigkeiten bereiten. Abwesenheit dem Nummulitenterrain zukommender Foraminiferenspecien charakterisirt sämmtliche Glieder dieser Schichtengruppe *c.*, deren geologische Stellung aus den Lagerungsverhältnissen keineswegs mit Sicherheit hervorgeht. Unter den fossilen Resten aus den kalkigen Bänken liessen sich *Cerithium margaritaceum* und *C. plicatum* mit Sicherheit erkennen, Tab. VI. Dagegen erschien das Mitvorhandensein von *Natica glaucina* nur wahrscheinlich. Kleine glatte *Ostreen* zeigten sich unbestimmbar, so wie auch verschiedene kleine *Venus*- oder *Astartearten*. Diese zwar nur wenigen, aber positiven, palaeontologischen Charaktere haben mich vorzüglich bestimmt die unter *c.* begriffenen Schichten als miocene Formationsglieder aufzufassen, welche den bunten Sandsteinen und Conglomeraten untergeordnet sind.

Einen instructiven Einblick in das geognostische Verhalten der rothen Conglomerate, Sandsteine und Steinsalz einschliessenden bunten Mergel, zu der unterliegenden Nummulitengruppe gewährt das natürliche Profil der linken Uferwand des Araxes bei dem Eintritt in die so eben näher bezeichnete Thalenge, ohnweit des armenischen Klosters Karmirwank, in 12 Werst südlicher Entfernung vom Steinsalzberge von Nachitschevan, welches das Profil Tab. X, fig. 5 erläutert.

a. Ein sehr feinkörniges, höchst eigenthümliches klastisches Gestein von semikrystallinischem Charakter. Die violett bräunliche, auf frischem Bruch beinahe seidenglänzende Grundmasse von Pelitstructur umhüllt kantige Trümmer eines fremdartigen krystallinischen Gesteins von entschieden pyrogener Natur, aber allem Anschein nach durch hydrochemische Metamorphose bis zur Unkenntlichkeit seiner normalen Beschaffenheit verändert. In der Synopsis der krystallinischen Felsarten des armenischen Hochlandes findet diese seltsame Felsart aus *a.* die ihr zukommende Stellung.

b. Ein sehr feinkörniges sandsteinartiges Conglomerat von röthlich brauner Farbe. In krystallinisch körniger Grundmasse schliesst dasselbe kleine Geschiebe von Hirsekorn- bis zur Erbsengrösse von sämmtlichen Felsarten ein, welche in der Abtheilung *d.* des Profils der Fig. 4 vorkommen; hiemit verbinden sich Körner von Quarz mit andern kleinen mehr oder minder zersetzten Fragmenten von verschieden gefärbten Quarz führenden Feldspathgesteinen, Felsiten und schwer zu bestimmenden pelitischen Felsarten.

c. Ein röthlichbrauner, sehr sandiger Kalkstein, der sich allmählich aus dem unterliegenden Conglomerate entwickelt. Er ist sehr reich an Versteinerungen, deren genaue Bestimmung aber, da sie nur aus fest mit der Grundmasse verwachsenen Steinkernen bestehen, unmöglich ist. Sorgfältiger Zerlegung gelang es indessen deutliche Spuren von *Nummulites* und *Operculina* auf-

zufinden. Unter den Mollusken liess sich allein das Genus *Natica*, mitunter in ziemlich grossen Formen, repräsentirt erkennen.

d. Ein sehr feinkörniger, unreiner, thoniger Kalkstein von bräunlicher Farbe, in welchen der Kalkstein von *c.* allmählich übergeht. Er bildet in zahlreichen parallelen Schichten eine Etage von ansehnlicher Mächtigkeit. Seine oberen, immer compakter werdenden Glieder nehmen mit zunehmender Reinheit des Kalkes auch eine lichte, aber immer noch gelbliche Färbung an. Sämmtliche Glieder dieser Etage schliessen zahlreiche, aber schwer zu bestimmende organische Reste ein, als *Nummuliten*, *Zoophyten*, *Echinodermen* und *Acephalen*. Gut erkennbar ist *Nummulites intermedia*[1]). In den mittleren Schichten ist *Trochocyathus multistriatus* Edw. et Haim. besonders häufig[2]); ebenso mehrere *Astraeenarten*, unter welchen eine an *A. thyrsiformis* erinnert. Die oberen reineren Kalkschichten sind besonders durch zahlreiche Stacheln und Ambulacren von *Cidaris* charakterisirt; unter den ersteren stimmen viele vollkommen mit den Stacheln von *Cidaris acicularis* Ag.[3]) überein. Unter den *Acephalen* sind die Geschlechter *Ostrea* durch eine sehr grosse Art, wahrscheinlich *latissima*, so wie *Pecten* und dem Anscheine nach auch *Pectunculus*, aber sämmtlich nicht sehr zahlreich vertreten.

e. Eine anderthalb bis zwei Fuss mächtige Conglomeratschicht, in welcher eine blassröthliche krystallinische, viel beigemengten Quarzsand und quarzförmige Kieselausscheidungen einschliessende Grundmasse von Dolomit-Zusammensetzung, Kalk-Geschiebe von mehreren Zollen im Durchmesser von gleicher Natur wie die in *b.*, zu einer äusserst festen Nagelfluh verbindet.

f. Eine mächtige Bank eines dichten halbkrystallinischen Kalksteins von gelblich-grauer Farbe, in welchem *Ostreen* und *Nummuliten* kenntlich sind, von gelblichem Dolomit überlagert.

g. Ein krystallinischer Kalkstein von wachsgelber Farbe, und grobsplittrigem Bruch, fast ausschliesslich gebildet durch ein und dieselbe Nummulitenart in massenhafter Ansammlung, welche mit den Beschreibungen und Abbildungen gut übereinstimmt, die d'Archiac und Haime l. c. von dem *N. Ramondi* gegeben haben[4]). Die Nummuliten, welche auf dem frischen Bruche des Gesteins sich fast gar nicht bemerklich machen, treten dagegen an der durch atmosphärischen Einfluss umgewandelten Oberfläche des ersteren mit grosser Deutlichkeit hervor, aber so dicht aneinandergedrängt, dass die im Querdurchrchnitt entblössten Scheidewände der Kammern, vermöge ihrer späthigen Beschaffenheit der Zersetzung mehr Widerstand leistend, sich reliefartig hervorheben. Die Oberfläche der freistehenden Schichtenköpfe des Kalksteins erhält dadurch ein äusserst zierliches granulirtes Ansehen, welches durch die rothe Farbe erhöht wird, die eine Folge der Zersetzung des dem Kalke beigemengten kohlensauren Eisenoxyduls zu sein scheint.

h. Eine ansehnliche Schichtenfolge eines sehr dichten gelblichen Kalkes mit gleichen Ver-

---

1) Haime et d'Archiac, Terrain nummulitique de l'Inde, Tab. III.
2) Michelin, Icon zoop. pl. 61, fig. 8, p. 209.
3) Mémoires de la société géol. 2e série. Tom. III. pl. X. fig. 5.
4) d'Archiac et Haime l. c. Tab. VII. p. 128.

steinerungen wie in *d.*; nach Oben wird der Kalkstein marmorartig, schliesst aber nur sehr sparsam vertheilt die *Nummulites Ramondi* ein.

i. Ist dasselbe rothe Conglomerat mit rothem Sandstein wie in *f.* (Fig. 4) in einer Mächtigkeit von vielen Faden. Unter den oft bedeutend voluminösen, aber immer völlig abgerundeten Geschieben herrschen besonders vor: dunkelgraue, durch Versteinerungen kenntliche, devonische Kalke; sehr bituminöse schwarzgraue Dolomite; kieselreiche grobsplittrige Kalke von hellbrauner und gelblicher Farbe; diesen Gesteinen schliessen sich gelbliche kalkreiche Sandsteine und Mergel an, und nebst Eisenkiesel, mehrfache Arten von Quarz und Felsitporphyren.

k. Dem rothen Conglomerat angelagert folgt ein kalkiger conglomerirter Sandstein ohne Versteinerungen, der durch weniger Kalk haltende Schichten übergeht in

l. einen feinkörnigen Sandstein, der seiner Seits sich in weiterer Entfernung als das Liegende der die Mulde von Nachitschevan ausfüllenden gypsreichen Mergel zu erkennen giebt.

Nach diesen Andeutungen über die biologischen Charaktere der Steinsalz führenden Mergelformation, wende ich mich nunmehr zu den fossilen Einschlüssen des (p. 7) erwähnten Kalksteins zurück, dessen Lagerungsverhältnisse überall wo ich ihn beobachtete seine Aufnahme unter die Gesteine der Nummulitengruppe fordern; eine Annahme, mit welcher das Fehlen der charakteristischen Fossilien dieser Gruppe aber in einen bemerkenswerthen Widerspruch tritt.

B. Die Fundorte und Fossilien des Supra-Nummulitenkalkes in Armenien und seiner Repräsentanten in den angränzenden Ländern.

Gegen das Innere der dem Ararat nördlich vorliegenden armenischen Gebirge senken sich die Kreide- und Nummulitenbildungen von den ausgedehnten Massenerhebungen der devonischen und der Bergkalkformation wieder abwärts, die den nördlichen Randgebirgen des mittleren Theils der Araxes-Ebene angehören und vom Arpatschai im engen Querthale durchschnitten werden. Die orographische Gliederung im Kreise Daralagez wird hier wesentlich durch ein vielverzweigtes Parallelsystem von Berg- und Hügelzügen der supracretensen Bildungen vermittelt, welche innerhalb jener ausgedehnten Thalweitungen in innigster Durchdringung mit den Trümmerschichten ebenso mannigfaltiger als zahlreich auftretender Eruptivbildungen angetroffen werden. An Gestalt und Dimensionen dem Vesuvkegel vergleichbar, ragt in der mittleren Region des Daralagez ein schöner Eruptionskegel hervor, dessen ausgezeichnet regelmässige Kraterform durch die tatarische Benennung *Dalychtäppa* (Lochberg) angedeutet ist. Fast scheint es als habe die Catastrophe, welche seiner Entstehung voranging, ehemals zusammenhängende Züge des Nummulitenterrains getrennt, denn die gewölbte und weite Basis, die ihn trägt und nach Art der Pedamentina am Vesuv gestaltet, sich sanft aus dem umringenden Flötzgebirge erhebt, wird im Halbkreise von einzelnen Partieen des letzteren umringt. Die Steilabstürze dieser Bergmassen sind dem Vulkan zugewendet, die äusseren Abhänge aber fallen der Nei-

gung der Schichten conform, glacisartig, schwach thaleinwärts dem Arpatschai zu, der sein Bett auf lange Strecken durch die doleritischen Lavaströme gegraben hat, die mit überraschender Frische der Erscheinung durch die Querschluchten des Bergwalles in das Arpatschaithal geströmt sind. In einer dieser Schluchten liegt das Dorf Malischkent, dicht am Steilabhange der terrassenförmig zur Höhe hinanführenden Nummulitenschichten (*a*). Grösstentheils bestehen dieselben aus unreinen Trümmerkalken mit krystallinischer Grundmasse; sie wechseln mit festen grauen Kalken, die weiter Oben eine Reihenfolge von ansehnlichen Bänken entwickeln, in welchen die grosse *Nummulites perforata* und von *Orbituliten* die Arten *O. discus* Rütim., *O. patellaris* Rütim.[1]), *O. sella* d'Arch.[2]) sich vorzugsweise bemerkbar machen. Sie lösen sich leicht aus dem lockeren Gestein und liegen zerstreut, nebst den Fragmenten von zahlreichen *Ostreen-*, *Pecten-*, *Naticaarten* und andern unvollkommen erhaltenen fossilen Einschlüssen, auf dem Abhange. Auf solchen Schichten lagert in bedeutender Höhe über dem Dorfe auf schiefrig mergeliger Grundlage die mehr als 100 Fuss mächtige Bank eines compakten feinkörnigen Kalksteins, in dem weder Nummuliten noch Orbituliten, auch keine Spur von den anderen weiter Unten wahrgenommenen Fossilien vorkommt (siehe Tab. X. fig. 6, *b.*).

Es ist ein derber Kalkstein von bräunlicher Farbe; eine wahre Korallenbank, in welcher zahlreiche Polyparienstämme emporragen. Der Anschliff mitgenommener Handstücke liess Poritiden und Astraeiden in diesem Kalke als vorherrschende Korallen erkennen; auch sind Foraminiferen und Bryozoen kenntlich. — Eine in dem genannten Kalke dem Anschein nach häufige *Astraeidea* von calamophyllenartiger Entwickelung habe ich als *Thecosmilia n. sp.* Tab. VIII beschrieben. Unter den Foraminiferen ist *Triloculina* unzweifelhaft, Tab. VIII. Ich habe die Aequivalentschichten dieses Korallenkalksteines noch an verschiedenen Stellen im Daralagez wiedergefunden, aber mit Ausnahme eines weissen marmorartigen Kalkes, mit Astraeiden und Bryozoen auf dem Djarfarludag zwischen Nuraschin und Tschanachtschi im Daralagez, nicht mit derselben Klarheit gleichförmigen Lagerungsverhältnisses zu der unterliegenden Nummulitenformation, wie bei Malischkent. Unter Fossilien einschliessenden Handstücken von Kalken, die ich mit der Bezeichnung «problematischen Inhaltes» meiner Sammlung aus dem Daralagez beifügte, befindet sich eine Anzahl aus einer sehr mächtigen Schicht, welche ich auf dem nördlichen Abhänge der umfangreichen Wölbung des palaeozoischen Erhebungsthales von Gyneschick in unmittelbarer, aber discordirender Lagerung auf Spiriferenkalken der devonischen Formation beobachtete. Der Anschliff dieser Stücke, welche Fragmente nicht bestimmbarer Echinodermen einschliessen, unter welchen *Clypeaster* kaum zweifelhaft bleibt, zeigte bei völliger Abwesenheit von Nummuliten eine sehr ähnliche lithologische Beschaffenheit wie der Kalkstein von Malischkent, und auch ähnliche, aber zahlreichere Foraminiferen nebst Spuren von Bryozoen. Die unreine Beschaffenheit dieses Kalkes erschwert eine specifische Bestimmung dieser kleinen organischen Reste indess bedeutend.

---

1) Rütimeyer, über das schweizerische Nummulitenterrain Tab. V. fig. 76. 77. p. 116 u. 119.

2) Mém. de la soc. géol. l. c. Tom. III. p. 405, pl. VIII. fig. 18.

Der Supranummulitenkalk des Urmiaseebeckens.

Eigene Anschauungen hatten mir im Sommer 1852 die Ueberzeugung gegeben, dass die lithologischen und geognostischen Verhältnisse, unter welchen sich die Formation der rothen Sandsteine und der Gyps führenden Mergel über dem Nummulitenterrain im russischen Armenien darstellt, in Azerbeidjan und auf der Hochebene von Tabriz eine vollständige Wiederholung finden. Ich hatte der östlichen und einem Theile der nördlichen und südlichen Gebirgsbegränzung dieser Ebene eine aufmerksame Untersuchung gewidmet und die begründete Vorstellung gewonnen, dass die mit so grosser Mächtigkeit in der Nähe von Tabriz entwickelte Bildung der eisenreichen Conglomerate und Sandsteine (Tab. X. fig. 10) gleichfalls tertiair sei und für die Beurtheilung der geologischen Stellung maassgebend sein müsse, welche die Steinsalzablagerungen auf jener Ebene einnehmen. Der Nachweis wahrscheinlich gleichwerthiger geognostischer Verhältnisse am westlichen Rande der Hochebene werde, so vermuthete ich, die Deutung rechtfertigen, die ich seit meinem Besuche der Umgebung von Tabriz geneigt war, dem Salzreichthum im Urmiasee zu geben. Durch gebieterische Umstände gehindert, die Bestätigung oder Berichtigung dieser Ansicht durch eine beabsichtigte geognostische Untersuchung der unmittelbaren Umgebung jenes See's mir selbst zu verschaffen, wurde mir durch das wissenschaftliche Interesse, womit Hr. Staatsrath Khanykof in Tabriz meine Absichten zu unterstützen so freundlich gewesen ist, eine Gelegenheit geboten, den erlittenen Verlust in einer der Wichtigkeit der Frage angemessenen Weise zu ersetzen. Da es vor Allem erforderlich war die geologische Natur und Stellung der Felsarten, in welche das Urmiaseebecken eingesenkt ist, nach in denselben eingeschlossenen Fossilien zu beurtheilen und in dieser Beziehung die Beantwortung der Frage besonders wichtig erschien: ob in der näheren oder ferneren Seeumgebung Kalk- oder Sandsteine vorkommen, welche Nummuliten einschliessen, so musste die Lösung der Aufgabe, gute Handstücke aus dem angedeuteten Gebiete zu erhalten, als das zunächst Wünschenswerthe in den Vordergrund treten.

Durch Mithülfe eines Mitgliedes der nordamerikanischen Mission in Sëir bei Urmia, Hrn. Stoddard, und die expresse Sendung geeigneter Personen nach den Inseln im Urmiasee hat Hr. Khanykof den gewünschten Zweck mit Umsicht zu erreichen gewusst; für dessen Sicherung die Instructionen, wie es scheint, nicht ohne Werth gewesen sind, die ich nebst Zeichnungen nach Tabriz sandte, geeignet dem Nichtkenner das Auffinden der Nummuliten und gewöhnlich dieselben begleitender Fossilien zu erleichtern.

Herr Stoddard meldet, dass es, ohnerachtet vieler Nachforschungen, ihm nicht gelungen sei, weder in der Umgebung von Urmia, noch an den westlichen Ufern des Sees Gesteine aufzufinden, welche Etwas den von mir bezeichneten Körpern auch nur Aehnliches einschliessen. Gleichzeitig wurde von dem genannten Herrn eine Anzahl Gesteinsproben eingesendet, die sandigen Kalkmergel mit dendritischen Zeichnungen von Manganoxyd zeigen. Durch wiederholte Zusendungen aus Tabriz, wofür ich Herrn Khanykof im Namen der Wissenschaft hiermit meinen wärmsten Dank abstatte, sah ich mich nach und nach in den Besitz eines reichhaltigen

Materials von eingesammelten Fossilien gesetzt, welche theils am östlichen felsigen Ufer des Urmiasee's auf der Halbinsel Schahi, grösstentheils aber auf den Hauptinseln Escheckdaghi und Kouyoundaghi theils lose gefunden, theils aus dem festen und anstehenden Kalkstein abgeschlagen worden waren. In dieser zugleich durch den Reichthum an Individuen der verschiedenen Species werthvollen Sammlung erschienen ohne Rücksicht auf mikroscopische Fossilien Zoophyten, Echinodermen und Acephalen repräsentirt. Mit Ausnahme einiger Echinodermen verriethen sämmtliche isolirte Fossilien ihren Ursprung aus demselben Kalkstein, welcher eine Anzahl von ihnen noch ganz oder theilweise umschloss. Derartige Handstücke bewiesen durch die Schärfe ihrer Bruchflächen, dass sie an ihrem Ursprungsort frisch abgeschlagen sein mussten.

Dieser Kalkstein ist von lichtgelblicher oder weisser Farbe, mehr oder weniger fest, von späthigen Theilen und Körnern durchzogen und einer schönen Politur fähig. Durch den Anschliff grösserer, mir zugesendeter Handstücke erkannte ich das ausserordentliche Mengenverhältniss, in welchem Poritiden, Nulliporen, Foraminiferen und Bryozoen an der Zusammensetzung dieses Gesteins Theil nehmen, Tab. VII u. IX.

Ganz besonders scheinen sich diese mikroskopischen Reste in einer hellgelben Kalksteinvarietät zu concentriren, welche durch ihre diaphane wachsähnliche Grundmasse an die gelblichen, dem orientalischen Alabaster vergleichbaren Travertine erinnert, die als Resultate einer energischen Quellenthätigkeit innerhalb der jüngeren Tertiairperiode, zumal in Azerbeidjan eine so grosse Verbreitung zeigen. Die genauere Bestimmung dieser kleinen Organismen wird durch den Umstand besonders schwierig, dass die mikroskopische Betrachtung allein auf die Theile des Fossils beschränkt ist, welche auf den angeschliffenen Gesteinsflächen gerade sichtbar werden.

Unter den *Foraminiferen* ist *Polystomella crispa*, Tab. IX, in unbestimmten Umrissen ihres häufig auf den Anschliffsflächen erscheinenden Querdurchschnittes an Nummulites erinnernd, mit genügender Deutlichkeit zu unterscheiden. Ein jedenfalls neues Genus unter den *Bryozoen* repräsentirend, verdient die auf Tab. IX abgebildete seltsame Form eine besondere Aufmerksamkeit. Die Häufigkeit des Vorkommens dieser, selbst in Bezug auf die Familie noch problematischen Art, macht dieselbe als Leitfossil für die Aequivalente des marmorartigen Kalksteins von den Urmiasee-Inseln vorzüglich werthvoll. Unter den übrigen mehr oder weniger gut erhaltenen Fossilien aus diesen fundamentalen Gesteinen des Urmiaseebeckens gestatten die folgenden eine sichere Bestimmung: *Astraea Guettardi* Tab. II., *A. Ellisiana* Tab. II., *A. Defrancii* Tab. VIII., *Phyllocoenia n. sp.?* Tab. VIII., *Ceriopora globulus*, *Clypeaster altus* Tab. III., *Echinolampas complanatus n. sp.* Tab. IV., *Pecten benedictus Lam.* Tab. I., *P. convexocostatus n. sp.* Tab. I., *P. maximus* Tab. IV., *Ostraea Virletti Desh.* Tab. III., Tab. V., *O. excavata Desh.* Tab. II., *O. lamellosa Broc.* Tab. V. Die Mehrzahl der *Clypeaster altus* rührte indessen nicht aus jenem hellen Kalkstein her. Der die Ausfüllungsmasse blosslegende Anschliff der Clypeaster bewies, dass die Lagerstätte von einigen dieser Fossilien ein grünlich-grauer

Molassensandstein von grobem Korne sein müsse, dem auch die gleiche Färbung der Stücke selbst entspricht[1]).

Der Supra-Nummulitenkalk bei Maku, Karakilissa und Bajazid.

Mit Bezugnahme auf das über die Geologie dieser Oertlichkeiten bereits vorhin Gesagte verweise ich auf die Profile Tab. X, fig. 7 u. 9. Der Durchschnitt fig. 7 soll hauptsächlich das Lagerungsverhältniss eines Kalksteins *c.* versinnlichen, der bei der Stadt Maku eine sehr bedeutende Mächtigkeit gewinnt und im Süden derselben alpine Kalkhöhen formirt, welche das Hochthal Kurbittü einschliessen. Auf dem letzteren befinden sich einige 20 Dörfer und an seinem östlichen Ende das altarmenische, dem heiligen Taddäus gewidmete Kloster Karakilissa in 5577 F. absoluter Höhe. Der Sogmanava genannte nördliche Rand dieses weiten Hochthales wendet seine äusseren Steilabstürze der Araxes-Ebene zu, welche in ihren physiognomischen und geognostischen Verhalten eine grosse Aehnlichkeit mit gewissen Theilen des Appenin zeigen. Von Seiten des petrofactologischen Inhaltes tritt jene Kalkbildung in eine nahe Parallele mit dem Oben beschriebenen Korallen-Kalksteine von Malischkent (p. 14), welche besonders auf gewisse Glieder der mächtigen Kalkschichten eine Anwendung findet, die den Schlossfelsen von Maku zusammensetzen. Auf dem Hochthale Kurbitü tritt derselbe Kalk in Form eines feinkörnigen gelblichen Marmor (ich würde Dolomit sagen, wenn die Analyse der Felsart mehr als $1\frac{1}{2}$ pCt. Magnesia angegeben hätte) in eine sehr bemerkenswerthe Beziehung zu den Durchbrüchen von Gabbro, welche Mandelsteine und Serpentine in ähnlicher Weise begleiten, wie dies bei den Eruptionen analoger Felsarten am Takjaltu bei Kulpi und am Gedargandag bei Bajazid der Fall ist. Ganz in der Nähe des Klosters enthalten die beinahe senkrecht gestellten Schichten des so eben angedeuteten Marmorkalkes *Astraea Ellisiana* Tab. II. und *Prionastraea irregularis* Tab. VI. in dicht an einander gedrängten Korallenstöcken. Auf der unteren Fläche des Hochthales sieht man diesen Kalken dunkelgraue, schiefrige, sehr feste Kalkmergel (*d.*) auflagern, welche *Ceriopora palmata d'Orb.* Tab. VIII., *Robulina depressa Mich.* Tab. VIII., *Schizaster Genei Sism.* Tab. VII, *Scutella* und andere unbestimmbare *Echinodermen*reste nebst *Pecten Burdigalensis* und *P. benedictus* beherbergen. Die erwähnte, auf dem Profil 7 mit *c.* bezeichnete Kalkabtheilung ist in ihrer mittleren Mächtigkeit von 245 Fuss an dem senkrechten Absturze zu

1) Eine Anzahl von Gesteinsbruchstücken, mit dem Charakter von Geschieben und theilweis mit einer Travertinrinde überzogen, begleiteten diese Fossilien. Einige dieser Geschiebe gehörten einem dunkelgrauen bituminösen Kalksteine an, welcher undeutliche Reste von palaeozoischer Natur einschliesst. Ein anderes Fragment eines marmorartigen Kalksteines deutete durch ein einziges an der Oberfläche des Stückes sichtbar werdendes Exemplar von *Nummulites*, dem *N. Raimondi* ähnlich, auf Nummulitenkalk. Der Anschliff dieses Stückes zeigte eine von dem vorher beschriebenen Clypeasterkalke durchaus abweichende lithologische Beschaffenheit und völlige Abwesenheit von Bryozoen und sonstigen Foraminiferen. Bemerken muss ich hier noch, dass in der durch obige Species ausgesprochenen Facies des Kalksteins von den Inseln sämmtliche Genera vertreten sind, welche von competenten Berichterstattern, und unter diesen zuletzt von Kennet Loftus, als charakteristisch für die Fauna angegeben werden, welche in dem dichten Kalkstein und anderen geognostisch mit ihm verbundenen Schichten auftreten, die als ein Formations-Ganzes den vielfach besprochenen Felsen von Guverjin-Kala am nordwestlichen Ufer des Urmiasee's zusammensetzen, *Quarterly Journal* 1855, p. 305.

beurtheilen, in welchem sich über der auf dem Thalgrunde liegenden Stadt Maku die merkwürdige Höhle von 900 Fuss Spannung, 200 Fuss Höhe und 90 Fuss Tiefe befindet, welche das weitläuftige Schloss der Chane von Maku dergestalt überwölbend birgt, dass der senkrecht fallende Regen keinen Theil desselben erreichen kann. Bei einem Besuche jenes interessanten Thales war ich über die wahre geologische Stellung dieses Kalkes noch zu keinem positiven Schluss gelangt.

Meine Anschauungen an Ort und Stelle schlossen indessen, nach dem Wortlaute meines Tagebuches, mit der Vorstellung ab, dass der ganze Schichtenverband vom Gipfel des Schlossberges bis zu der Begränzungs-Schicht, womit auf den unterliegenden Conglomeraten und Nagelfluhbildungen (*b.*) die mächtige Kalkformation scharf absetzt, nicht zur Nummulitenformation zu rechnen sei, da es meinen Nachforschungen nicht gelang von den so charakteristischen Fossilien dieser Gruppe im Makuthale etwas Unzweideutiges aufzufinden. Alle Fragmente von Fossilien, welche ich von der untersten Schicht mitgebracht habe, die dem Niveau des Bodens der angeführten Höhlung entspricht, haben sich bei näherem Vergleich zum Theil als identisch mit denjenigen erwiesen, welche in dem Kalkstein von den Inseln des Urmiasee's vorkommen. Unter den Zoophyten herrschen die Poritiden und zwar das Genus *Litharaea Miln. Edw.* Tab. IX mit Formen vor, die theils *Litharaea leiophylla Reuss.*, theils *L. Deshaysiana Miln. Edw.* entsprechen könnten. Auf den Anschliffsflächen eines Kalkstückes kamen die isolirten Sternzellen einer Cladocora ähnlichen Astraeina zum Vorschein, völlig übereinstimmend mit einer gleichen im Supra-Nummulitenkalk bei Malischkent beobachteten Form. Zahlreiche Serpulen mit kreisrunder Oeffnung von 2 Millim. Durchmesser durchschwärmten diese etwas diaphane Kalkvarietät. Unter den zahlreichen Echinodermenresten gestattet allein Clypeaster eine generische Deutung. Der Anschliff eines Clypeaster-Bruchstückes zeigte eine diaphane Grundmasse, erfüllt mit Poritiden und Bryozoen, unter welchen die bereits aus dem Kalkstein vom Urmiasee erwähnte problematische Bryozoenform bemerkbar war. Die einzige bestimmbare Foraminifere war auch hier *Polystomella* (*crispa*?). Unter zahlreichen, theils glatten, theils gefalteten Ostreen angehörigen Fragmenten fanden sich deutliche Exemplare von *Ostraea Virletti.* Die Pectinidentrümmer lieferten neben *Pecten benedictus*, in einem sehr deutlichen Exemplare, auch mehrfache Bruchstücke von grosser Aehnlichkeit mit dem p. 16 erwähnten *Pecten maximus* aus dem Urmiakalkstein.

Von den Conglomeratschichten, die im Durchschnitt mit *b.* bezeichnet sind, wie von den Kalken und Dolomiten unter *c.* u. *d.* auf der rechten Seite des Makuthales fehlen mir die Belegstücke und mit denselben die Beweismittel, dass diese Bildungen, meiner an Ort und Stelle gewonnenen Ansicht gemäss wirklich dem Nummulitenterrain, anheimfallen. Der Gedargandag zwischen dem Dorfe Basyrgan und Bajazid, durch das Baschkentgebirge mit den Sogmanavahöhen orographisch verbunden und schon weiter Oben als die westliche Verlängerung jenes südlichen Randgebirges der grossen Araxesthal-Depression aufgefasst, stellt in seinen oberen Kalkschichten, die den scharfen Kamm des Gebirges im Süden des Ararat formiren, Korallenkalke von ganz ähnlicher Beschaffenheit dar, wie die bisher geschilderten, Profil Tab. X. fig. 9.

Die höchsten Felsschichten *b.*; die sich oberhalb Bajazid in beinahe senkrechter Stellung tafelförmig über die unterliegenden Nummulitenkalke *a.* hinwegzuschieben scheinen, sind durch einen Kalkstein gebildet, in welchem senkrecht auf die Schichtungsfläche gestellte Stämme von *Litharaea ramosa* von 1 bis $1^1/_2$ Centim. im Durchmesser häufig sind; der Beschreibung entsprechend, welche Miln, Edw. und Haime T. XVI, p. 38 l. c. von dieser Art gegeben haben. In dem körnigen die Zoophyten-Stämme trennenden Kalke treten auf angeschliffenen Gesteinsflächen deutliche Biloculinen und Triloculinen hervor. Zu dem Formations-Ganzen unter diesem Poritidenkalke vorkommender Schichten gehören, durch bunte Körner sandsteinartig modificirte Kalke, die grosse Naticen einschliessen. Ein namhafter Theil dieses oolithischen Kalksteines wird gebildet aus massenhaft angehäuften Individuen verschiedener Foraminiferenspecien, unter welchen das Genus *Nummulites* nur durch eine kleine, an *N. radiata* erinnernde Form repräsentirt erscheint (Tab. VII. IX). In tieferen Schichten zeigt sich ein derber, lichtgrauer, sehr fester Kalkstein mit den Resten ansehnlicher Echinodermen. Ein angeschliffenes Stück von Conoclypeus liess erkennen, dass dieser Kalk dieselben Foraminiferen wie der obere mit vielen dendroidischen Bryozoen zusammen einschliesst; zugleich zeigen sich in ihm die ersten Nummuliten mit grosser Deutlichkeit, obschon von grosser Kleinheit, da ihr Durchmesser kaum 1 Millim. beträgt. Da bei sämmtlichen, im Querschnitt blosgelegten Formen dieser Nummulitenart, im Halbmesser mindestens 7 Windungen zum Vorschein kommen, so scheint es erlaubt auf *N. intermedia* oder *N. garansensis* zu schliessen. Aber auch die geologischen Aequivalente des gelblichen krystallinischen Kalksteins von Karakilissa fehlen auf dem Gedargandag nicht, denn bei dem Herabsteigen nach dem Dorfe Basyrgan traf ich auf herabgerollte Blöcke dieses Gesteins mit grossen Polypenstöcken von *Astraea Ellisiana.*

Der Supra-Nummulitenkalk bei Aschkala auf der Hochebene von Erzerum.

Zu den interessanten Thatsachen, welche eine geologische Parallele zwischen den verschiedenen Stufen des Araxes-Hochthales von Kagisman bis Nachitschevan und denjenigen des Karassu-Hochthales von Erzerum bis zum Meyrandag begründen, gehört ohnstreitig das mehrfache Vorkommen von bedeutenden Salzquellen im Schoosse einer Mergelformation, welche aus lithologischen und geognostischen Gründen mit derjenigen auf der Araxes-Ebene des russischen Armeniens übereinstimmt. Eine naturgemäss systematisirende Auffassung der bestehenden Niveaudifferenzen im breiten Hochthale des Karassu unterscheidet leicht in abwärts gehender Richtung von O. — W. drei Thalstufen. Die erste geht von Erzerum bis zu den heissen Quellen von Elidja; die zweite kann von Elidja bis zu der Thalenge von Kütschück Kardaritsch angenommen werden; die dritte erstreckt sich scharf begränzt von der Schlucht bei Kardaritsch bis zu den Abhängen des hohen Meyran und den Gypsbergen von Topalschausch, mit einer Niveaudifferenz zwischen der ersten Stufe bei Erzerum von 750 Fuss[1]). Der Uebergang von der zweiten

1) Diese Bestimmung ist auf den Vergleich des Barometerstand in Aschkala, nach meinen 5maliger Beobachtungen und desjenigen gerichtet, der aus den Beobachtungen während meines 8tägigen Aufenthaltes in Erzerum resultirt.

Thalstufe zu der dritten vermittelt den ersten Einblick in das geologische Verhalten einer Kalkformation, welche von gypsreichen Mergeln und lockeren Molassensandsteinen hier unmittelbar überlagert wird. Das Profil Tab. X, fig. 8 giebt ein Bild dieser Verhältnisse. Auf der dritten Stufe gewinnt die bunte Mergel- und Gypsformation in der Salzmulde von Aschkala ihre umfangreichste und stärkste Entwickelung. Die Wirkungen, welche die Conglomerate, Sandsteine und Mergel blutroth färben, scheinen von den Djejan-Bergen auszugehen. Gabbro-Eruptionen mit ihren dunkelfarbigen Nebengesteinen von Euphotiden, Serpentinen und dunkelbraunen Conglomeraten, heben hier fremdartige Gesteine aus der Tiefe und wirken metamorphosirend und zerrüttend auf die Mergelformation. Die seltsame Configuration der spitzigen, pfeilerartig über die rothen Felswände emporragenden Massen erinnert an analoge Erscheinungen am Takjaltu bei Kulpi und bei Ásnabirt in der Nähe von Nachitschevan. In der Mitte der Mulde steigt der Gypsberg von Aschkala auf und deutet auf das, höchst wahrscheinlich ganz in der Nähe in den Mergeln eingeschlossene Steinsalz; und doch zieht man es vor eine höchst mangelhafte Salzgewinnung auf die bereits erwähnten Soolquellen zu betreiben, welche am nördlichen Rande der Mulde aus den bunten Mergeln zu Tage treten.

Die natürliche Begränzung zwischen der zweiten Thalstufe und der dritten bildet eine Hügelgruppe, durch welche die ziemlich hohe Bergpartie des Gaban am Südrande der Ebene in eine orographische Verbindung mit dem Nordrande derselben tritt. — Im gekrümmten Lauf durchschneidet der Karassu hier zuerst Molassenschichten und dann das breccienartige Conglomerat eines porösen Korallenkalkes. Jenseits des Dorfes Kardaritsch tritt der Fluss in ein enges Defilé von stark dislocirten Schichten einer bisher auf der Hochebene nicht wahrgenommenen Kalkformation, deren physiognomisches Gepräge auf den ersten Blick obere Bildungen aus der Kreide-Periode wahrscheinlich macht.

Diese Vorsteliung wird indessen bald durch den tertiairen Habitus der wohlerhaltenen organischen Ueberreste berichtigt, welche in aussergewöhnlicher Anhäufung fast in allen Gliedern dieses Formations-Ganzen angetroffen werden. Im Wechsel mit ansehnlichen Conglomeratlagern, welche viele Korallentrümmer aus der Abtheilung der Astraeiden einschliessen, treten hier zunächst in *a.* (Profil Tab. X, fig. 8) Austerbänke in mächtigen Schichten auf. Hierauf folgen in *b.* andere, welche mit zahlreichen Echinodermen, mit Pecten und andern Acephalenarten erfüllt sind und allmälich in wahre Korallenbänke übergehen. Diese Schichten fallen in ziemlich steilem Winkel in der Stunde 3 gegen NW. unter einen gelblichen festen Kalktuf *c.* ein, der sich an den nahen Abhängen des Gaban mit einer sehr bedeutenden Mächtigkeit einstellt und gleichfalls zahlreiche Fossilien beherbergt. Hellgraue Molassen von tufartiger Beschaffenheit, zu den oberen Gliedern der bunten Mergel gehörig, mit undeutlichen Fragmenten von Pecten und anderen Meeresbewohnern, lagern an einzelnen Stellen diesen Bildungen auf. Als Haupttypen der wichtigen Facies aus diesem Schichtenverbande erscheinen die folgenden Arten *Ostrea excavata Desh.*, mitunter in Grössenverhältnissen, die auf Individuen von 8—10 Zoll Länge schliessen lassen. Schaalenfragmente von 2—3 Zoll Dicke zeigen sich häufig von Pholaden durchbohrt, deren durch künstlichen Abdruck erhaltene Steinkerne auf *Lithodomus lithophagus* schliessen lassen. *Pecten scabrius-*

culus Math. Tab. I. von der Art, die im Departement *de Drôme* in Süd-Frankreich vorkömmt, kaum zu unterscheiden. *Pecten planocostatus n. sp.* Tab. I. und *P. convexo costatus n. sp.* Tab. I. *Echinolampas*, vom *E. Kleinii*, dem er sich am meisten nähert, als *E. pyramidalis* von mir unterschieden Tab. IV. *Spondylus* und *Astraea Ellisiana* Tab. II. Aus dem gelblichen tufartigen Kalkstein des Gaban erhielt ich *Pecten Burdigalensis;* eine grosse, aber unbestimmbare *Avicula;* eine Panopoea als verdrückter Steinkern von 100 Millim. Länge nnd 55 Millim. Höhe, nur unsicherer specifischer Deutung fähig. Dasselbe gilt von einer Anzahl concentrisch gerippter Cythereenformen und kleinen Ostreen, worunter *Gryphaea vesicularis* sehr wahrscheinlich. Von besonderer Bedeutung sind die als obere Schichten dieser Bildungen zuvor erwähnten Korallenkalke (p. 20). Obschon diese porösen Reste durch Incrustationen und späthige Beschaffenheit des petrificirenden Kalkes so unkenntlich geworden, dass eine genaue Bestimmung nicht gelingt, so ist doch die grosse Menge der darin verborgenen Astraeenarten unverkennbar, unter welchen *Astraea crenulata* die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hat. Besonders bezeichnend ist indess in diesen Kalken die grosse Menge von Bryozoentrümmern, welche die Zwischenräume der Anthozoen ausfüllen. Der Anschliff dichterer Varietäten zeigt einen marmorartigen Kalk von grosser biologischer Aehnlichkeit mit dem von den Inseln im Urmiasee.

Die in dem Vorhergegangenen enthaltenen, allerdings nur fragmentarischen Angaben über die geognostischen und palaeontologischen Verhältnisse der marinen Ablagerungen, welche auf dem armenischen Hochlande eine jüngere Stellung als die Nummuliten führenden Schichten einnehmen, verlangen Schlussfolgerungen, die zunächst das räumlich weit von einander Getrennte in seiner geologischen Einheit hervorzuheben und in seinen allgemeineren Beziehungen vergleichend festzustellen haben.

Einem anderen Orte muss es vorbehalten bleiben aus dem bisher Vorgetragenen Documente für die jüngere tertiaire Entwickelungsgeschichte der in Rede stehenden Länder zu entnehmen und dieselben vom geologischen Standpunkte umfassender zu interpretiren.

Während allgemeine geognostische Gründe dafür sprechen, die Formation der rothen Conglomerate und Sandsteine mit ihren auflagernden Gyps und Steinsalz führenden bunten Mergeln in den Hochthälern des Araxes, auf der Hochebene des Karassu bei Aschkala, wie von Tabriz und Urmia ein und demselben Horizonte unterzuordnen, zeigen die organischen Reste, welche in verschiedenen Gliedern dieser Gruppe aufgefunden worden sind, dass die Ablagerung derselben entschieden miocen und in dieselbe Periode zu setzen ist, in welche die Bildungen der Tertiairschichten des Wiener Beckens, mithin des *Terrain Falunien* von d'Orbigny vor sich gingen. Diese Annahme des *Terrain Falunien* erscheint bedingt durch das Beieinandersein von *V. gregaria*, *V. incrassata*, *Cytherea erycinoides*, *Saxicava elongata*, *Cerithium tricinctum*, *Fusus Burdigalensis etc.* und zwar in Tufen und Sandsteinen, deren obere Aequivalentschichten die Stengel und Halme von *Phragmites oeningensis*, *Cyperites canaliculatus*, *C. Deucalionis* und die Blätter von *Salix elongata* und *Podocarpus oceanicus* einschliessen. Ebenso wird diese Annahme durch die Gegenwart von *Cerithium margaritaceum*, *C. plicatum* und *Anomia striata*

Broc. in kalkigen Molassensandsteinen unterstützt, die als lokale Vertreter der Gypsmergel in Armenien zu deuten waren.

Für den dichten, bald grauen und derben, bald hellen und marmorartigen Kalkstein mit Inbegriff der fossilienreichen Kalkmergel bei Karakilissa im Hochthale von Kurbittü, eine Bildung, welche bunte Sandsteine und Mergel mehrfach überlagern, lässt sich ein gemeinsamer Horizont, ungenügender palaeontologischer Beweise halber, noch nicht für alle angeführten Lokalitäten annehmen, wo ich dergleichen Schichten beobachtet habe. Dagegen scheint es mir erlaubt die an Foraminiferen und Pecten reichen Kalke von den Inseln im Urmiasee und von der Thalenge Kütschück-Kardaritsch im Hochthale des Karassu (p. 19) für aequivalent zu halten und dasselbe auch für die krystallinischen Korallenkalke über den Nummulitenkalken bei Karakilissa, Maku, Bajazid und bei Malischkent, wie am Djafarludag im Daralagez anzunehmen. Für die Stellung dieser Kalkbildungen in die miocene Periode sprechen folgende Fossilien: *Astraea Ellisiana*, *A. Guettardi*, *A. Phyllocoenia astroites*, *Prionastrea irregularis*, *Ceriopora palmata*, *Litharaea dendroides n. s.*, *Robulina depressa*, *Clypeaster altus*, *Pecten benedictus Lam.*, *P. scabriusculus Math.*, *P. Burdigalensis*, *P. flabelliformis*, *P. maximus*, *Spondylus bifrons*, *Ostrea Virletti*, *O. excavata*, *O. lamellosa*. Die mineralogische Natur und der biologische Charakter dieser miocenen Ablagerungen deuten einen Typus an, der keinen Augenblick darüber in Zweifel lassen kann, dass es sich in denselben um ein Aequivalent derselben marinen Kalkbildungen handelt, welche im mediterranneen Bassin die obere Abtheilung der Falunien-Etage von d'Orbigny constituiren. Demgemäss würden jene Kalke von Urmia und Aschkala etc. dem *Calcaire moëllon* von Marcel de Serres in der Umgebung von Montpellier[1]), den Clypeasterkalken von Vence bei Grosse, wie auf Korsica parallel gehen, Bildungen, deren Mächtigkeit an einigen Stellen der Basses-Alpes durch Gras bis zu 300 Mètres nachgewiesen ist. In Sardinien, Italien, Malta, wie in Oestreich repräsentirt, sind diese Kalke durch Visquenel und Deshayes in Griechenland und neuerlich durch Tschikatschef im cilicischen Taurus erkannt worden. Das Wiedererscheinen dieser grossen Zone, fossilienreichster miocener Gebilde, in weiterer östlicher Fortsetzung bis zu den Gebirgen Hoch-Armeniens, kann nicht überraschen, aber geologisch bedeutsam ist es wohl, dass dort auf den Rändern der grössten Plateauerhebungen Kleinasiens, wo die Taurus- und Zagrosketten sich schaaren, miocene Kalkbildungen bis zu absoluten Erhebungen von 7 bis 8000 Fuss aufsteigen, deren Echiniden- und Bryozoenreichthum einem ursprünglich tiefen Meere angehört haben muss.

In einer ähnlichen Weise wie der Leithakalk in den Umgebungen von Wien, der durch die Untersuchungen von Hauer, Partsch und Czjzek so genau bekannt geworden ist, als rein marine Bildung der successiven Entwickelung von 3 Etagen parallel geht[2]), welche mit ihm zu ein und demselben Formations-Ganzen gehörig, einen Wechsel von Braunkohlen führenden Sandschichten, Süsswasserbildungen und darunter folgenden plastischen Thonen mit

1) Marcel de Serres, sur les terrains tertiaires du midi de la France, p. 88—97.

2) Erläuterungen zur geognostischen Karte der Umgebungen Wiens von Johann Czjzek. p. 23 und Taf. Nr. I. Ideal-Durchschnitt des Wiener Beckens.

zahlreichen Meeresfossilien darstellen, scheint auch der Supra-Nummulitenkalk in Armenien und Azerbeidjan als eine mit den rothen Sandsteinen und Gyps führenden Mergeln daselbst parallel laufende Bildung aufgefasst werden zu dürfen.

Die Anzahl der bis jetzt in den letztgenannten Schichten aufgefundenen vergleichungsfähigen organischen Ueberreste ist augenscheinlich noch zu gering, um für die einzelnen dieser, im russischen Armenien durch Vulkanität so stark influirten Formationsreihen Parallelen mit gleichzeitigen Ablagerungen in andern Ländern ausmitteln zu wollen. Ein socher Versuch begegnet schon in seiner Anwendung auf die kaukasischen Länder sogleich der Schwierigkeit, welche in der Mannigfaltigkeit biologischer Individualisirung der verschiedenen miocenen Tertiairbassins und Ablagerungen daselbst beruht, je nachdem dieselben dem armenischen Hochlande oder den Tiefthälern, welche das erste vom Kaukasus trennen, oder dem Nordabhange des letzteren angehören: so habe ich den Supra-Nummulitenkalk mit seinen Zoophyten und Echinodermen nördlich von den armenischen Gebirgen weder in Georgien noch in den Thälern am Südabhange des Kaukasus wiederfinden können, und lange Zeit gebraucht, bis ich gegründeter Voraussetzung zu entsagen und die völlige Abwesenheit irgend welcher durch Nummuliten charakterisirter eocener Schichten auf dem Nordabhange des Kaukasus als Thatsache anzunehmen mich genöthigt sah; denn für die Theile des Gebirgs, die sich der Forschung feindlich abschliessen, durften negative, den Geschieben der Flüsse entnommene, palaeontologische Charaktere und inductive aus der Gesammtanschauung des Gebirgs gewonnene Schlüsse das Urtheil bestimmen.

Die bisher vorgetragenen Thatsachen und daraus gefolgerten Ansichten finden in den Mittheilungen von Hamilton, Tschikatschef und Kennet Loftus über ganz analoge Verhältnisse in Kleinasien und innerhalb der Gebirge von Luristan längs der türkisch-persischen Gränze eine sehr befriedigende Bestätigung. Es gewähren diese Mittheilungen ganz vorzüglich einen Ueberblick von dem ausserordentlichen geographischen Umfange des Raumes, auf welchem innerhalb der miocenen Periode, und zumal gegen das Ende derselben, die Bedingungen für die Bildung einer Gyps und Steinsalz einschliessenden rothen Sandstein- und Mergelformation vorgeherrscht haben, die mit der im russischen Armenien geschilderten übereinstimmt. Die geologische Wichtigkeit dieser Uebereinstimmung verlangt hier ein etwas näheres Eingehen auf die Resultate, zu welchen die genannten Gelehrten, insbesondere in Bezug auf die Lagerungsverhältnisse und die palaeontologischen Charaktere der in Rede stehenden Formationen auf den von ihnen untersuchten Gebieten gelangt sind. Ich verweise zu diesem Ende auf die Schriften von Hamilton: Reisen in Kleinasien, 2 Bände; *Quarterly Journ. of the geol. soc.* Nov. 20. 1849; auf Tschikatschef, *sur les dépots sedimentaires de l'Asie mineure. Bullet. de la soc. géolog.* Tab. VII. p. 415 und: *Dépots tertiaires d'une partie de la Cilicie et de la Cappadoce* l. c. T. IX. p. 366 und endlich auf das wichtige und lehrreiche Mémoire von Kennet Loftus: *On the geology of the Turkish Persian frontier, Quarterly Journal* Tom. XI. pars 3.

Alle drei Beobachter erkennen ein tertiaires Formations-Ganzes und innerhalb desselben das Nummulitenterrain als Grundlage. Tschikatschef weist über demselben eine ächt mio-

cene Kalkbildung in Cilicien in eben so mächtiger als ausgedehnter Entwickelung mit der völligsten Bestimmtheit nach. Hamilton und Loftus erkennen in anderen Theilen Kleinasiens ein Supra-Nummulitenterrain: die «*gypsiferous series*» bei Loftus, welches in seiner oberen Abtheilung die Aequivalente der Conglomerate und rothen Sandsteine mit den Gyps und Steinsalz einschliessenden Mergeln im russischen Armenien begreift, stellen aber ihre Ansichten von dem miocenen Charakter dieser Bildungen nur als Vermuthung hin; der Erstere entschieden nur aus Mangel an aufgefundenen bezeichnenden Versteinerungen, Loftus dagegen theils aus gleichem Grunde, theils und hauptsächlich durch das concordante Lagerungsverhältniss, wiewohl nicht ohne mehrfachen Zweifel, zu diesem Schluss veranlasst, in welchem er in den Zagrosketten, die constant von SO. — NW. streichenden bunten Sandsteine und Mergel «*gypsiferous series*» auf dem Nummulitenterrain «*nummulitic series*» überall antraf.

Hamilton, ungewiss ob er den rothen Sandstein unter dem Steinsalz zum Nummulitenterrain rechnen soll, beweist dagegen (l. c. p. 374), dass zwischen der Ablagerung des auf Nummulitenkalk concordant gelagerten rothen Sandsteines und der bunten Steinsalz führenden Mergel bei Chayan Kieui und Soungourli eine Schichtenstörung innerhalb des Taurus stattgefunden haben muss.

Diese wichtige Thatsache findet nun ihre Analogieen in Armenien unter Anderen bei Kulpi und Kagisman wieder und scheint dort als eine Folge lokaler Eruptivphänomene gedeutet werden zu dürfen, bei deren Beurtheilung das Resultat der Senkung jedoch nicht mit dem der Hebung in der stratigraphischen Erscheinung verwechselt werden darf. Dass Durchbrüche von Diabasen, Ophiten, Gabbro und anderen verwandten Eruptivgesteinen in dieser Periode in den Zagrosketten bei weitem geringer gewesen sein müssen, wie in den armenischen Gebirgen und im Taurus, geht aus den Schilderungen von Loftus und den zahlreichen Querdurchschnitten hervor, welche dem Mémoire desselben über dieses merkwürdige Gebiet beigegeben sind.

Kennet Loftus, an dem Grundsatze festhaltend, dass die Concordanz der Lagerungsverhältnisse zwischen seinen *nummulitic* und *gypsiferous series* innerhalb des seinen Untersuchungen vorliegenden tertiairen Terrains ein und dasselbe Formations-Ganze bekunde, sieht sich bei anhaltender Wiederkehr dieses Schichtenverbandes doch bald zu der Unterscheidung einer durch Nummuliten charakterisirten unteren Abtheilung und einer oberen bewogen, welche durch das übereinstimmende Fehlen sowohl dieser Fossilien, wie aller anderen zu derselben Facies gehörigen eben so ausgezeichnet ist, wie durch einen gewissen physikalischen Habitus, der ihre Unterscheidung von dem unterliegenden Nummulitenterrain sogleich erleichtert.

Die Schilderungen dieser oberen Abtheilung, von Loftus durch viele, wenngleich nur allzu ideale Profile unterstützt, begründen die Ansicht, dass in derselben Kalksteine, Sandsteine und Mergel in ungestörter Aufeinanderfolge beisammen sind, welche mit sämmtlichen von mir als Supra-Nummulitenschichten in Armenien unterschiedenen Bildungen, parallel stehen. Angesichts der zahlreichen, leider nicht specifisch bestimmt angegebenen Versteinerungen, welche innerhalb dieser Schichtengruppe, besonders in derselben zugehörigen dichten Kalksteinen auftreten und oft entschieden miocen erscheinen, kann Loftus selbst nicht anders als mehrfach an der Gültigkeit

seines Eintheilungsprincipes irre werden, wie solches die Bemerkungen zu den Durchschnitten der No. 17, p. 306 u. No. 5, p. 268 beweisen. Von dem vergleichenden Standpunkte, wie ich ihn so eben bezeichnet habe, wird es z. B. in dem Durchschnitt durch das Thal von Mungerrah und den Bi' Ab' in Luristan sehr wahrscheinlich, dass die unter «*nummulitic rocks*» gestellten Nummern 3, *a.* bis 3, *c.* (p. 272) miocene Schichten sind; ein Gleiches gilt von fossilienreichen Mergeln der «*gypsiferous series*» bei Kirind, p. 265, welche Loftus selbst als Aequivalente des grauen compakten Kalksteins 3, *a.* von Mungerrah (p. 272) auffasst; mithin gelangt er hier zu derselben Vorstellung, nach welcher mir (p. 23) die Supra-Nummulitenkalke von Armenien mit den rothen Sandsteinen und Gypsmergeln parallel zu gehen scheinen. Von den in dem Profil bei Karmirwank, Tab. X. fig. 4, entwickelten Verhältnissen ausgehend, liegt die Vermuthung nahe, dass es lokale Eruptionsphänomene und Bewegungen waren, in Folge welcher daselbst die Conglomerate und bunten Mergel an die Stelle des grauen Supra-Nummulitenkalks getreten sind, die ihrer Seits in dem Cerithien und Natica führenden groben sandigen Kalke in der Enge von Djoulfi (p. 11) repräsentirt sein mögen. Die Lager 3, *d.* u. 3, *e.* im Durchschnitt von Mungerrah bei Loftus (p. 273) mit *Nummulites perforata*, *Assilina exponens* und *Echinodermen*-Stachel- und Schaalenresten würden den vorhergegangen Voraussetzungen gemäss trefflich den Lagern *g.* u. *h.* unter den Puddingsteinen *i.* im Durchschnitt bei Karmirwanck Tab. X. fig. 5 entsprechen, wie denn auch das *red chert conglomerat* in der No. 6, bei Loftus als Basis der miocenen Formation verdächtig, in den rothen Conglomeraten bei Nachitschevan wie in den rothen Bergen bei Tabriz wieder zu erkennen ist. — Mit demselben Rechte grössester Wahrscheinlichkeit parallelisire ich den grauen Kalkstein von Pul i Tang 3, *a.* (bei Loftus fig. 4, p. 329) im Durchschnitte von Dizful nach Khoremmabad, der Scutella, Turritella und Pecten führt und im Kebirku 4500 F. absolute Höhe erreicht, mit dem Kalke *b.* (Profil Tab. X. fig. 6) von Maku über den Conglomeraten. Auch die No. 8 (3, *h.*) des Durchschnitts No. 9 bei Loftus von Kirind und Mahidescht (p. 276 l. c.) glaube ich den unteren Schichten in der Etage von Karmirvank Profil Tab. X fig. 5 parallel stellen zu dürfen. Ein besonderes Gewicht lege ich indessen hinsichtlich der Parallelisirung des Supra-Nummulitenkalks auf die Bemerkungen, welche Loftus mit den Beschreibungen der Durchschnitte zwischen Urmia und Gawar fig. 15, p. 337; von Selmas nach Guverjinkala am Urmiasee fig. 17, p. 339 und von Selmas zur Ebene von Khoi fig. 18, p. 339 verbindet. Auf p. 298 finde ich die Beweise, dass der Fossilien reiche Kalk von Guverjinkala, mithin auch der von den Inseln des Urmiasees, der Gyps- und Mergelformation untergeordnet ist, deren Erhebung am Zinniyawi-Pass bis 12000 (?) Fuss gehen soll. Von besonderem Werthe für die geologischen Beziehungen zwischen dem Supra-Nummulitenkalke und der Mergelformation von Urmia ist es aber, dass sich das durch Korallen-Einschlüsse sehr wahrscheinlich gemachte Aequivalent des letzteren am Fusse des Salzhügels Duszlak auf der Ebene von Khoi im Liegenden der Steinsalz führenden Mergel wieder zeigt.

In Verbindung mit den induktiven Beweisen, welche die Beobachtungen von Hamilton und Loftus für das miocene Alter der rothen Sandsteine und Gyps führenden Mergel in Kleinasien darbieten, erhalten die positiven, auf Bestimmung der Versteinerungen gestützten Angaben

*

eine besondere Bedeutung, welche Tschikatschef über die geognostischen Verhältnisse durch mächtige Korallenkalke besonders ausgezeichneter miocenen Ablagerungen in Cilicien, Cappadocien, Carien und Pisidien geliefert hat. Unter den durch Tschikatschef gesammelten und in Paris bestimmten Fossilien befindet sich allerdings nur eine verhältnissmässig geringe Anzahl, welche mit den von mir auf dem armenischen Hochlande gefundenen Arten übereinstimmt, was aus bereits berührten Gründen, p. 23, nicht überraschen kann. Ein grösseres Gewicht lege ich, mit Rücksicht auf den von mir in Armenien unterschiedenen Supra-Nummulitenkalk, auf den Umstand, dass die durch *Anthozoen* besonders ausgezeichneten wahren Korallenbänke aus diesem Kalkstein, z. B. auf der Yaila von Alibei in Cilicien, ebenso auf Korallenriffe innnerhalb einer alten Uferzone des miocenen Meeres deuten, l. c. T. IX, p. 372, wie ich dasselbe von den gleichwerthig scheinenden Kalken anzunehmen geneigt bin, die ich an dem Gedargandag und auf den Höhen des Sogmanavadag bei Karakilissa beobachtet habe.

Der Druck dieser Blätter hatte bereits begonnen, als der Erhalt einer neuen Zusendung geognostischer Belegstücke aus der Urmiasee-Umgebung von Hrn. Khanykof aus Tabriz mich in den Stand setzte die palaeontologische Charakteristik des Supra-Nummulitenkalkes von Urmia mit werthvollen Zugaben vermehren zu können, die ich hier anschliesse.

Hr. Khanykof hatte in planmässigem Verfolge geographischer und archaeologischer Studien von Nord-Persien, bisher theils wenig, theils gar nicht bekannten Theilen, zumal der südlichen See-Umgebung seine Aufmerksamkeit zugewendet und war von einer Expedition nach Maraga, dem Delta des Djagatai und des Tantawi, so wie nach den Inseln des Urmiasees nach Tabriz zurückgekehrt. Die geologischen Früchte dieser Unternehmungen, deren Mittheilung ich Hrn. Khanykof verdanke, waren: eine genaue Sondirung des Seebodens, vom östlichen Ufer bis zu der 11 Werst entfernten Hauptinsel, wodurch die mittlere Tiefe des See's aus 24 Messungen auf dieser Seite zu 13,8 engl. Fuss festgestellt wurde; ferner eine, die früheren Angaben von Monteith wesentlich verbessernde Aufnahme des ganzen Archipels mit der 7 Werst langen Hauptinsel Koujoundaghi in der Mitte, im Maasstab von 2 Werst auf den Zoll[1]), und endlich eine reichhaltige Sammlung von Versteinerungen aus dem felsigen Terrain, sowohl dieser Inselgruppe, wie von dem Berge Jaghyn-Aly-Tepeh auf dem Delta des Djagatai im Süden des Urmiasee. An diese Zusendung schloss sich noch eine Sammlung fossiler, leider nur sehr zertrümmerter Quadrupedenreste aus einem Knochenlager, welches in der Nähe von Maraga in einer Schlucht entdeckt worden war, die ein mit erdigem Gyps gemengtes Trachyttufterrain

---

1) Nach der Aufnahme der Urmia-Inselgruppe durch den, Hrn. Khanykof begleitenden Ingenieur aus Tiflis, fällt die Längenachse der 7 Werst langen Hauptinsel Koujoundaghi genau in die Richtung von O.–W. Nahe mit dem südlichen Ufer parallel erstreckt sich das 5 Werst lange Eiland Eschekdaghi, während die 4 Werst lange Insel Sbir westlich, die 2 Werst grosse Insel Arzou nördlich und die gleichgrosse Denikly im Osten der Hauptinsel ganz nahe vorliegen. Monteith dagegen giebt der Längenachse der ganzen Inselgruppe irrthümlich eine Meridianrichtung.

durchschneidet. Hr. Khanykof hatte diese Oertlichkeit besucht und die mir zugesendeten fossilen Reste eigenhändig daselbst gesammelt.

Unter den Versteinerungen von den Inseln Eschekdaghi und Koujoundaghi fand ich die Mehrzahl der bereits Oben erwähnten Zoophyten-, Mollusken- und Echinodermen-Arten in zum Theil sehr wohl erhaltenen Exemplaren wieder. Vorzüglich waren unter diesen ausgezeichnet: eine *Ostraea Virletti* mit völlig unversehrter oberer und unterer Schaale und ein in allen charakteristischen Theilen vollkommen erhaltener *Clypeaster altus*. Neu waren dagegen, eine dem *Clypeaster crassicostatus Az.* nahe verwandte Art, Tab. VII, Ein gut bestimmbares Fragment von *Pecten flabelliformis* Tab. VII, fig. 6, vorzüglich aber äusserst zahlreiche Exemplare von *Poritiden* und zwar weniger in knolligen oder rindenartigen Formen als in Stämmen mit mehrfachen Verästelungen, welche den Diagnosen bisher beschriebener Arten nicht entsprechend, als *Porites dendroidea* Tab. IX. angeführt sind. Ferner fanden sich *Phyllocoenia Archiaci* (?) Tab. VIII; *Cellepora gracilis*, *C. deplanata*, *Diastopora gemmifera* und *Membranipora fenestrata* Tab. IX. rindenförmig hier und dort den *Poritinen* anhaftend. In der Sammlung von dem Delta des Djagatai waren im krystallinischen marmorartigen Kalk petrificirte *Astraeinen* vorherrschend, und zwar neben *Astraea Guettardi* und *A. Ellisiana*, auch *A. Defrancii Ed. et H.* Tab. IX, in Bruchstücken grosser Polypenstöcke. Neu waren ferner *Pecten simplex Mich.* Tab. VII. und *Haliotis* Tab. VII, die ich der *H. Philberti Serr.* (*H. tuberculata L. Gm.*) für näher stehend halte als der *Haliotis Volhynica Eichw.*

Dieser Sammlung war ein geognostisches Handstück beigefügt, welches Hr. Stoddard in der Nähe der Residenz der amerikanischen Mission zu Sëir um des von ihm bemerkten palaeontologischen Einschlusses Willen, aus seiner Lagerstätte im Gebirge herausgearbeitet und nach Tabriz gesendet hatte. Es ist das Bruchstück einer ausgezeichnet feinkörnigen *Arkose* von mehr kalkigem als kieseligem Cäment, welche jeder Formation angehören könnte. Indess bleibt die ursprüngliche geologische Stellung dieser Felsart keinen Augenblick zweifelhaft, denn das Stück umschliesst zur Hälfte ein 4 Zoll grosses eckiges Bruchstück von dem wohlbekannten marmorartigen Bryozoenkalke vom Urmiasee. Die scharfen Abdrücke zweier gefalteten spitzwinkeligen Pecten treten als unverkennbare Vertreter von Varianten des *P. varius* auf diesem Kalkstück hervor.

Durch die so eben angegebenen Fossilien gewinnt die Facies des Supra-Nummulitenkalkes in Azerbeidjan einen Zuwachs, der den Parallelen, auf welche schon vorhin hingewiesen worden, einen noch grösseren Nachdruck giebt; denn es sind Arten, die ebenso dem *Calcaire moëllon* angehören, wie sie theils in den Hügeln von Turin, theils im Bassin von Wien vorkommen. *Ostrea Virletti* und *O. excavata*, die auf der Halbinsel Morea von Deshayes zuerst beobachtet, seitdem aber meines Wissens von keinem andern Fundorte wieder erwähnt worden sind, scheinen in Verbindung mit *Clypeaster altus*, *Pecten benedictus* und *P. scabriusculus*, so wie mit *Astraea Ellisiana* und *Guettardi* und mit mehreren *Poritinen*-Arten wohl als die wichtigsten Leitfossilien für das Aequivalent des französischen *Calcaire moëllon* auf der Gränze von Kleinasien gegen Armenien und Persien gelten zu können.

Die Herkunft und geognostische Stellung der vorerwähnten Arkose mit dem Einschluss des *Pecten varius* enthaltenden Kalksteins aus der Nähe von Sëir, findet in der Beschreibung, welche Kennet Loftus auf p. 298 seiner oft citirten Abhandlung von dem Profile (Tab. IX. fig. 15) zwischen Gawar und Urmia giebt, eine völlig befriedigende Deutung.

Der Querdurchschnitt des Gebirges im Westen des Urmiasee's macht die geognostischen Beziehungen klar, in welchen leicht zersetzbare Granite sich zu einem in besonderer Mächtigkeit unmittelbar über demselben entwickelten Formations-Ganzen von gelben Kalksteinen, rothen Sandsteinen, Gypsmergeln und Kies-Conglomeraten befinden, welche Loftus seiner *gypsiferous series* unterordnet.

Die Sandsteinkette, welche die Alluvial-Ebene von Urmia westlich begränzt, ist aber aus solchen Schichten zusammengesetzt, deren oberste Glieder im Sëirdag eine absolute Höhe von 7260 und eine relative Höhe über dem Spiegel des See's von 3160 Fuss engl. erreichen. Porphyrartige von Loftus als eruptiv bezeichnete Feldspath reiche Hornblendegesteine (Ophite) und Serpentine scheinen auf die genannten Bildungen, in vollständiger Analogie mit gleichzeitigen und gleichwerthigen Hergängen im Araxes-Thalgebiet, den umgestaltenden Einfluss ausgeübt zu haben, dem die heutige Orographie und Topographie der Urmiasee-Umgebung ihre wesentlichen Grundzüge verdanken mag.

Wenn gleich der äusserst mangelhafte und bröckliche Zustand der fossilen Knochenreste von Maraga eine nur einigermaassen befriedigende Bestimmung derselben vor der Hand noch sehr erschwert, so wird es durch einzelne gut erkennbare und deutungsfähige Fragmente, unter welchen sich auch Kieferstücke mit den einsitzenden Zähnen befanden, doch sehr wahrscheinlich, dass es sich an jenem, allem Anschein nach sehr reichen Fundorte, um die Lagerstätte einer Quadrupeden-Fauna aus der Periode der subapenninen Ablagerungen handelt. Diese Ansicht findet auch in dem Urtheil des Hrn. Akademiker Brandt über die fraglichen Knochenreste eine Unterstützung, in welchen Pachydermen durch *Mastodon*, so wie Ruminanten durch Gattungen aus den Familien der *Cavicornia* und *Cervina* repräsentirt scheinen. Tab. IX.

Das Auftreten solcher Ablagerungen auf den Plateauhöhen Azerbeidjans im Trachyttufterrain ist eine Thatsache, welche nöthigt der Mehrzahl folgenreicher Schlüsse, zu welchen das Dasein jener Fauna im Molassen-Gebiete der Alpen und des mediterraneen Bassins berechtigt hat, eine Tragweite bis zu den Plateauländern von Kleinasien und Iran zu gestatten. Schon die Pflanzenreste, welche in den obersten Gliedern der Sandstein- und Mergelformation in den rothen Bergen von Argatschi am Fusse des Ararat und im Araxesthale bei Kulpi erscheinen, deuten, besonders von Seiten der Salixarten, auf obermiocene oder pliocene Ablagerungen, welche das Vorkommen von *Phragmites oeningensis* in eine noch nähere Parallele mit den Pflanzen führenden Schichten der oberen Süsswassermolasse von Oeningen führt. Da nun, wie bereits ausführlich besprochen, die jene Planzenreste einschliessenden gelben Tufe und Conglomerate den obersten Gliedern eines Formations-Ganzen anheimfallen, welches in dem Zustande mannigfaltiger Schichtenstörungen und Verwerfungen von den rothen Mergeln bei Kulpi überlagert wird, so ist der Schluss begründet, dass der Absatz des Steinsalzes im Araxes-

thale nothwendig in eine noch jüngere Periode als diejenige fällt, welche jene Pflanzen andeuten.

Der physikalische Theil dieser Abhandlung wird die nähere Untersuchung über den Einfluss enthalten, den das periodische Auftreten eruptiver Felsarten sehr verschiedener Natur und Zusammensetzung auf die geologische Entwickelung der gegenwärtigen Terrainverhältnisse des fraglichen Gebietes ausgeübt hat. Die successive Ablagerung mit Eruptivgesteinen petrographisch zusammenhängender, bunter Mergel, bituminöser und Magnesia haltender Salzthone, so wie die lokale, reiner krystallinischer Gypsbildung unmittelbar vorangegangene massige Ausscheidung des Steinsalzes, gewinnen auf dem Wege dieser Untersuchung die Deutung durch endogene Processe vermittelter Bildungen. Von diesem Standpunkte wird es fast unabweisbar nöthig die Gesetze des Erscheinens des Steinsalzes auf dem armenischen Hochlande bei Weitem enger an das Wesen der Vulkanität zu knüpfen, als es die den «actual causes« allzugefällig huldigende Vorstellung gestattet, die das Steinsalz überhaupt im Wesentlichen nur als Niederschlags- oder Abdunstungsprodukt aus den Meeren früherer Bildungsperioden betrachtet wissen will.

Zweiter Abschnitt.

Beschreibung der Arten.

Das Bedürfniss guter Abbildungen als Grundlage für palaeontologische Beschreibungen hat mit der Entwickelung der Wissenschaft zugenommen; es drängt sich überall auf und macht sich dem geologischen Berichterstatter ganz besonders fühlbar, der es mit einem Gebiete zu thun hat, wo die stratigraphischen und palaeontologischen Verhältnisse der vorhandenen Formationen bisher kaum mehr als Andeutungen gefunden haben. Jedes auf einer *Terra incognita* aufgefundene Petrefact, wenn es der Erkennung der Charaktere seiner ursprünglichen Art sich nicht völlig abschliesst, besitzt einen Werth; es kann ein entscheidendes Glied für die Schlussfolgen werden, zu welchen die nach und nach aufgefundene Gruppe berechtigt, und hat, so unvollkommen es auch in seiner Ausbildung erscheinen mag, ein Anrecht auf naturgetreue und gleich sorgfältige Darstellung, wie die gut ausgebildeten und leicht erkennbaren Fossilien aus Gegenden, wo eine gründliche und erschöpfende geologische Durchforschung nicht den vielen natürlichen Schwierigkeiten begegnet, wie in den Ländern, welche die Fundorte der in dem Nachstehenden beschriebenen Fossilien enthalten.

Dem Sinne dieser in seinem vollen Umfange von mir begriffenen Verpflichtung gemäss, habe ich mich bemüht mit den am hiesigen Orte zu Gebote stehenden Mittel zu erreichen was möglich war. Wenn auch der artistische Werth der Ausführung sich auf den nachfolgenden

9 Tafeln als ein sehr verschiedener herausstellt, so darf ich doch hoffen, dass das Bestreben durch naturgetreue, unter meiner Leitung und Aufsicht angefertigte Zeichnungen der Lithographie das Resultat wenigstens von Seiten der wissenschaftlichen Treue zu sichern, in den Tafeln zu erkennen sein wird.

Ein kleiner Theil der abgebildeten Molluskenschaalen ist von mir selbst gezeichnet, und sind die mikroskopischen Analysen der Zoophyten und Foraminiferen auf den Tafeln V. VII. und IX. mit Hülfe der Camera lucida in der Mehrzahl von mir graphisch fixirt worden, so dass ich für die Genauigkeit derselben einstehen kann.

Bei der Arten-Beschreibung beruhen sämmtliche Citate auf der Benutzung mir zugänglich gewesener Werke. Wo Angabe und Berücksichtigung eines oder des andern Werkes vielleicht vermisst wird, fehlte die Möglichkeit das Letztere hier zu erhalten.

In der Beschreibung der *Polyparien* bin ich den Untersuchungen von Milne Edwards und Haime nach Anleitung der von ihnen in der 3. Serie der *Annales des Sciences* gegebenen Abhandlungen möglichst gefolgt und habe demnach auch nur die von den genannten Verfassern adoptirte Nomenklatur in Anwendung gebracht.

Bei der Bearbeitung des descriptiven Theils, der die Pflanzenabdrücke aus dem Tuf- und dem Sandstein von Argatschi behandelt, hat mich die äusserst dankenswerthe Bereitwilligkeit sehr unterstützt, womit der Direktor des Kaiserlichen Botanischen Gartens, Hr. Regel, die Prüfung und Feststellung der abgebildeten Arten übernommen hat.

Schon bei dem ersten Vergleiche jener Abdrücke mit den Abbildungen und Beschreibungen tertiairer Floren von Unger, Ettinghausen, Goeppert und Heer, war mir die unverkennbare Aehnlichkeit aufgefallen, welche die wenigen bestimmbaren Abdrücke mit solchen Formen besitzen, die an der Darstellung der Flora von *Oeningen* Theil nehmen. Die an diese Aehnlichkeit geknüpfte Vermuthung von der Gleichartigkeit beider Facien steigerte sich bei der Zuratheziehung der schönen im Besitz des Kaiserlichen Botanischen Gartens befindlichen Sammlung oeninger Pflanzenabdrücke von Heer, und wurde maassgebend für den systematischen Ausdruck, der den nachfolgenden Beschreibungen der armenischen Arten zu Grunde liegt.

Wenn ich der Beschreibung der Arten überhaupt eine lateinische Diagnose voranschicke, so geschieht dies nicht etwa, um einer hergebrachten Sitte mich zu accomodiren, sondern weil mir scheint, dass die Abfassung einer lateinischen Diagnose, welche natürlich nur die Kennzeichen berücksichtigt, deren Wahrnehmung die jedesmalige grössere oder geringere Erhaltung des Objektes gestattet, sehr dazu beitragen kann den specifischen Habitus des in seinen einzelnen Charakteren näher und ausführlicher zu beschreibenden Fossil's recht scharf und klar vor die Anschauung zu bringen. Auch scheint es mir nicht unwesentlich bei dem Vergleiche einer möglichst bestimmt gefassten Diagnose mit der einer anderweitig beschriebenen für identisch gehaltenen Art, den Grad der Uebereinstimmung in den Hauptcharakteren Beider sogleich auf dem kürzesten Wege beurtheilen zu können.

POLYPEN.

I. ZOANTHARIA APOROSA.

ASTRAEIDAE.

1. ASTRAEINAE AGREGATAE.

ASTRAEA GUETTARDI Defrance.

Tab. II, fig. 4. *a. b. c.* Tab. V, fig. 5.

Astraea Guettardi Defrance, Dict. des sc. nat. t. XLII. p. 379 (1826).
Michelin, Iconogr. zoophyt. p. 38. Pl. 12, fig. 3 (1842).
Milne Edwards et Jules Haime, ann. des sc. nat. 3ème sér. T. XII, p. 107 (1849).

Astraea expansa; stellis magnis profundis subrotundis, multiradiatis; margine elevato, obtuso, crenulato; lamellis irregularibus, per interstitia concurrentibus; centro papilloso; limbo interstitiali, canaliculato, striato.

Diese durch gelbliche, krystallinische und diaphane Kalkmasse versteinerte *Astraea* besitzt die Form eines hemisphärischen krystallinischen Polypenstockes und zeigt 8 bis 12 Millim. breite, beinahe völlig runde hier und dort etwas ovale Sterne (*calices*), mit concaven einige Millimeter tiefen Endzellen, welche von einem etwas erhabenen, Oben agestumpften Rande (*muraille*) umgeben sind. Zahlreiche Sternlamellen (*cloisons*) strahlen von diesem Rande zur Zellenvertiefung hinab. Der grösste Theil dieser Lamellen, im Mittelpunkte der letzteren zusammentretend, bildet daselbst eine zusammengedrückte, nur wenig erhabene Achse (*columelle*).

Auf der durch den Polypenstock geführten und polirten Schnittfläche, welche den inneren Bau der Sternröhren (*tubes, cornets*) und der sie trennenden Wände in vertikaler Richtung blosslegt, zeigt sich ein zierliches, die Sternröhren quer durchsetzendes Interlamellengewebe (*endothèque*). Die convexen, sich maschenförmig überlagernden Blätter (*traverses*) dieses Gewebes senken sich in ähnlicher Weise wie bei den *Cyatophyllen* vom Rande in sanfter Krümmung nach der Mitte zu; richten sich dann wieder steil auf und unterstützen in ihrem Zusammentritt mit den central zusammengedrängten Sternlamellen die Bildung einer schwammig porösen Achse. Die radial ausstrahlenden senkrechten Lamellen einer jeden Sternröhre gehen über die Peripherie der letzteren hinaus, verdicken sich jenseits und bedingen durch ihr Zusammentreten mit den nach Aussen getretenen Sternlamellen (*cotes*) benachbarter Röhren eine solide, nur wenig poröse Interstitialmasse, aus welcher die Blätter der Interlamellengewebe seitlich hervor zu wachsen scheinen (*exothèque*).

Der Querschnitt der Sternröhren zeigt ein regelmässiges concentrisches Netz, wovon die vergrösserte Darstellung fig. 4, *a.* nur eine annähernde Vorstellung vermitteln kann. Ein stark vergrössertes Bild von dem gegenseitigen Verhalten der stärkeren, bis zum Mittelpunkt reichenden Sternlamellen, der kleineren, zwischen jenen befindlichen Lamellen und der Beide durch-

setzenden Interlamellenblätter giebt die Tab. V, fig. 5; es entspricht die Figur einem, zwischen Achse und Peripherie der Sternröhren geführten Längenschnitte.

Die blosse Aehnlichkeit der äusseren, durch die krystallinische Beschaffenheit der petrificirenden Masse mehr oder minder entstellte Form mit einer nur den äusseren Habitus berücksichtigenden Abbildung nebst Diagnose der fraglichen Art, wie sie Michelin giebt, würde nicht berechtigen die vorliegende *Astraea* mit der *A. Guettardi* zu identificiren; hauptsächlich bestimmt mich dazu, die befriedigende Anwendung, welche die von Milne Edwards und Haime l. c. gegebene Charakteristik der genannten Art auf die Beschaffenheit des inneren Baues der durch fig. 4, *a. b. c.* repräsentirten *Astraea* findet.

Ich erhielt diese Koralle vom Urmiasee, wo sie in einem dichten krystallinischen Foraminiferen und Bryozoen reichen Kalkstein auf den Inseln und auf dem Delta des Djagatai vorkömmt. Die *A. Guettardi* findet sich in der Umgebung von Bordeaux und Turin, wie nach Tschikatschef auch im Taurus zwischen Bostaneson und Selefké.

ASTRAEA ELLISIANA Defrance.

Tab. II. fig. 5, *a. b. c.*

Astraea Ellisiana Defrance, Dict. des sc. nat. T. XLII. p. 382 (1826).
Sarcinula astroites Goldfuss, Petref. germ. T. I. p. 71. tab. XXIV. fig. 12.
Astraea astroites Michelin, Iconogr. zoophyt. p. 60. pl. 12. fig. 8.
Stylina thyrsiformis ibid. p. 50. pl. 10. fig. 6 (1842).
Explanaria astroites Reuss, Polyp. dés Wiener Tertiairbeckens in: Naturwiss. Abhandl. von Haidinger. Vol. II. p. 17. pl. 2. fig. 8 (1845).
Astraea Ellisiana Milne Edw. et Haime, Ann. des sc. nat. T. 12. p. 109 (1849).

A. striata, cylindricis fasciculata; tubis separatis, divaricatis, in massam porosam aggregatis; stellis rotundatis, inaequalibus; lamellis numerosis, sex majoribus 18 minoribus; margine denticulato; axo centrali; limbo interstitiali solido.

Es ist bekannt wie Habitus und Formendetail ein und derselben Koralle von verschiedenen Fundorten je nach der Art der Versteinerungsweise, wie der petrificirenden Masse sich verschiedentlich verhalten können. Auch die sichere Zurückführung der abgebildeten in gelblichem Kalkspath und Dolomit versteinerten Art auf eine bekannte, würde erschwert sein, wenn nicht eine durch Politur zweckmässig geführter Schnitte ermöglichte genaue Analyse des inneren Baues, eine genügende Uebereinstimmung mit der von Milne Edwards und Haime gegebenen Beschreibung der *A. Ellisiana* und der Abbildungen dieser Art bei Goldfuss, Michelin und Reuss gezeigt hätte.

In der körnig krystallinischen Felsmasse entwickeln sich freie, cylindrische, dicht an einander gerückte Polypenstöcke aus vertikal aufsteigenden Garben ziemlich gleicher, meistens runder Sternröhren von 3 Millim. im Durchmesser gebildet, welche unter seitlichem Hervortreten neuer Sprossen im Fortwachsen divergirend auseinandergehen und in fächerförmig um

eine Hauptachse sich ordnender Gruppirung selbst eine der Horizontale genäherte Lage einnehmen (fig. 5, *a*).

Auf den Bruchflächen des von den Röhren durchsetzten Gesteins, zumal in Drusenräumen, wo der zarte Bau der Sternröhren in feinen Kalkspathrhomboedern blossliegt, zeigen sich stark vertiefte Sterne (fig. 5, *b*. auf angeschliffener Fläche) mit ringförmigem Rande und 24 Lamellen. Sechs von ihnen erreichen das Centrum, wovon immer je zwei drei kürzere Lamellen zwischen sich einschliessen. Nur selten ragt eine erhaltene dünne Achse empor. Von den für diese Art so bezeichnenden peripheren Querlamellen und dem durch sie bedingten zelligen Gefüge der Zwischenräume der Röhren sind auf polirten Längsschnitten deutliche Spuren zu erkennen. Durch ein Versehen ist die sechstheilige Lamellenstellung in den Sternröhren fig. 5, *c*. verkannt und als achttheilig dargestellt worden.

Ich habe diese schöne Koralle im Thale des Imangulitschai bei Karakilissa zwischen Maku und Khoi und in den Kalkgebirgen zwischen Maku und Bajazid gefunden, so wie Bruchstücke davon in dem krystallinischen Kalkstein vom Urmiasee erhalten. Anderweitiges Vorkommen in der Umgebung von Bordeaux und Turin im Taurus zwischen Bostaneson und Selefké etc.

PRIONASTRAEA IRREGULARIS Milne Edwards et Haime.

Tab. V. fig. 4, *a. b. c. d. e.*

Astraea irregularis Guettard, Mém. sur les sc. et les arts. T. III. p. 504. pl. 48. fig. 1 (1770).
« « « Defrance, Dict. des sc. nat. T. XLII. p. 381 (1826).
Cellastraea irregularis, Blainville, Dict. des sc. nat. T. LX. p. 342 (1330).
Astraea irregularis Michelin, Icon. Zooph. p. 61. pl. 12. fig. 9 (1842).
Prionastraea irregularis Milne Edw. et Haime, Ann. des sc. nat. T. 12. p. 133 (1849).

P. irregularis, explanata, crassa; stellis contiguis, subpolyginalibus irregularibus, saepe incurvis, lamellosissimis; margine acuto, serrato; lamellis numerosissimis, prope marginem dentatis.

Von dem Standpunkte einer Klassification der Polypen, welche ihre Ordnungen und Familien nach Verschiedenheit der Vermehrungsweise des Thieres und der davon abhängigen Gruppirung der Individuen begränzt, musste die Aggregation der letzteren bei den zusammengesetzten Polypen auch bei der Feststellung und Umschreibung der Genera leitend in den Vordergrund treten. In diesem Sinne wurden Edwards und Haime durch logische Consequenz bestimmt, eine Anzahl der Formen, welche zu ihrer Familie der *Astraeidae aggregatae* gehörig, bisher unter die Gattung *Astraea* gestellt waren, in ein selbstständiges neues Genus, *Prionastrea*, zu vereinigen. Während die Repräsentanten beider Gattungen sich durch Gemmification vermehren, findet dieser Process bei *Astraea* ausserhalb des Kelches Statt; die Kelchränder jeder Sternröhre verharren unabhängig von einander. Bei *Prionastrea* ist die Knospenbildung submarginal; die Kelchränder sind unter sich eng verbunden; die Sternröhren aneinander gedrängt

*

polygonal, prismatisch; ihre Wände oberhalb innig mit einander verschmolzen, sind unterhalb gewöhnlich unabhängig von einander. Die Achse ist schwammig mehr oder minder entwickelt; die Sternlamellen sind dünn und aneinander gedrängt, fein granulirt und stark gezähnelt; das ganze innere Gewebe deutlich entwickelt. — Die durch die Zeichnungen fig. 4, *a. b. c. d. e.* erläuterte Art ist folgendermassen gebildet. Der angeschliffene, die untere Fläche des Polypenstocks blosslegende Querschnitt fig. 4, *c.* zeigt polygonale, sehr ungleiche nnd unregelmässige, oft gekrümmte Kelche mit überwiegender Längenausdehnung, mitunter in scheinbarer Reihengruppirung. Die Kelchränder sind einfach, sehr schwachwandig und fein gezähnelt. Die Sternlamellen, etwa 20 an der Zahl, sind von ungleicher Länge, sehr schwach und mehr oder weniger aneinander gedrückt. Nur die Hälfte derselben erreicht die Kelchmitte, und fliesst dort zur obsoleten schwammigen, gewöhnlich excentrischen Achse zusammen. Peripherische, stark der Mitte zugeneigte Querlamellen bedingen zahlreiche kleine Maschen, besonders in der Nähe der die Kelche trennenden Wände, fig. 4, *a.* Näher ist das Verhältniss dieses sehr zarten Interlamellengewebes auf den Längsdurchschnitten des Polypenstocks zu erkennen. Fig. 4, *b.* zeigt in stark vergrösserter Darstellung einen, ziemlich in der Richtung der Längenachse einer besonders grossen Kelchröhre geführten Schnitt, während fig. 4, *d.* einen Längsschnitt versinnlicht, der dem Querdurchmesser eines Kelches parallel, dem Rande nahe geführt ist. Fig. 4, *e.* zeigt äussere Strukturverhältnisse der Sternröhren, auf der Gesteinsoberfläche parallel der Längenentwickelung des Polypenstockes durch Verwitterung reliefartig hervortretend.

Ich habe diese Koralle bei dem Kloster Karakilissa zwischen Maku und Khoi mit *Astraea Ellisiana* zusammen gefunden, wo sie in der Nähe von Serpentindurchbrüchen bedeutende krystallinische Felsmassen zusammensetzt. Anderweitiges Vorkommen: bei Dax und bei Turin.

ASTRAEA GRANDISTELLA n. sp.?

Tab. II. fig. 3, *a. b.*

Astraea explanata irregularis, tubis rotundis basi ramosis, rarius compressis aproximatis; stellis magnis, inaequalibus, oblongis, margine elevato annulato cinctis, excavatis; lamellis numerosis irregularibus, infra reticulatis; centro depresso.

Die Beschreibung und generische Feststellung dieses in krystallinischen Kalk verwandelten, zu Ehrenbergs *Favia* gehörigen Polypen, vermittelt ein Geschiebe, welches als flaches Fundamentalstück eines ursprünglich sphärisch geschlossenen Polypenstockes noch sehr gut zu erkennen war. Die stark abgeriebene flache Beschaffenheit dieses Fossils entstellte nicht völlig die sternförmigen, ursprünglich mit abgerundeten Rändern stark hervortretenden, entfernt stehenden Polypenzellen. Auf der Mitte des flachen Geschiebestückes, normale oblonge Form bewahrend, erschienen die Porenzellen in divergirendem Auseinandertreten gegen den Rand des letzteren sehr zusammengedrückt. Erst nach dem vollständigen Anschliff des Stücks nach verschiedenen Richtungen traten die für specifische Bestimmung erforderlichen Charaktere mit Deutlichkeit hervor, welche die beiden Zeichnungen fig. 3, *a.* 3, *b.*, wenn gleich in unvollkommen ausgeführter Weise darstellen.

Die grossen Sterne, von unregelmässiger, meistens länglicher Gestalt, sind durch vertiefte und schwach gestreifte Zwischenräume völlig von einander getrennt, wie bei *Explanaria*. Jeder Stern besteht scheinbar aus 12 starken Lamellen, welche vom Rande der Sternröhren sich gegen die Mitte des Kelches neigen. Zwischen je zwei dieser Lamellen befindet sich eine etwas kürzere. Peripherische, diese Lamellen sämmtlich mit nicht sehr engen Zwischenräumen durchkreuzende Querlamellen senken sich gleichfalls der stark vertieften Kelchmitte zu und fliessen mit den längeren Sternlamellen daselbst zu einer sehr undeutlichen Achse zusammen. — Auf den Längsschliffen treten wegen schon erwähnter geringer Höhe des Geschiebestückes und starker Divergenz der basalen Sternröhrenrudimente nur verworrene Andeutungen eines feinmaschigen Endothek im Inneren der Röhre hervor, während sich nur die Spuren eines sehr unregelmässigen grobmaschigen, die Zwischenräume der Röhren ausfüllenden Exothek zeigen. Der Längendurchmesser der oblongen Sternzellen schwankt zwischen 12 und 17 Millim.

Dem nach Aehnlichkeit suchenden Vergleiche dieser Sternpolypen mit bekannten Arten treten zunächst *Astraea Burdigalensis* Milne Edwards und Haime l. c. p. 108 und dann *Astraea Rochetiana* Michelin, Iconogr. p. 58. Tab. 12. fig. 2. entgegen.

Bei *A. Burdigalensis* zeigt sich indessen eine sehr entwickelte dichte Achse, welche auf dem Längsdurchschnitte der Polypenröhre sehr bestimmt hervortritt und von gewundenen und aufsteigenden Querlamellen gebildet wird. — Bei *A. Rochetiana* trifft das «*stellis maximis, subrotundis, inaequalibus, excavatis lamellosissimis; margine elevato*», wie Michelin die Art charakterisirt, zu; das «*lamellis crassis, per interstitia concurrentibus*» und das «*interstitiis grosso striatis*» dagegen nicht; Gründe, welche mich veranlassen, durch eine besondere Benennung die vielleicht doch mit einer bereits Bekannten, zusammenfallende Art für fernere Vergleiche zugänglich zu machen.

Vom Ufer des Urmiasee; der einzige mir bekannte Fundort.

ASTRAEA DEFRANCII Milne Edw. et Haime.

Tab. IX. fig. 6, *a. b.*

Astraea argus Mich. Icon. p. 39. pl. 12. fig. 6.

» *Defrancii* Milne Edw. et H., Ann. des sc. nat. 3ème sér. Tom, 12. p. 106 (1849),

A. tubis rectis, subrotundis vel elipticis; stellis inaequalibns, margine distincto cinctis, inaequaliter approximatis, lamellis granuloso muricatis; 8 majoribus, 8 minoribus; 16 minimis interpositis per interstitia concurrentibus, axi papilloso; interstitiis cellarum granulosis.

Schwachgewölbte Massen. Ungleiche Abstände zwischen den theils runden, theils etwas unregelmässigen, von schwach erhabenen Rändern umschlossenen Sternen von 5 bis 7 Millim. im Durchmesser. Jeder Stern besitzt an der Peripherie 32, an den Seitenflächen mit spitzen Höckerchen besetzte Lamellen, von denen 8 das Centrum wirklich erreichen. Die Lamellen des zweiten Cyclus erscheinen schwächer, die des dritten und vierten Cyclus sind kurz und fehlen bisweilen. Die stets wohl ausgeprägten Scheidewände der Sterne sind mit dicht an ein-

andergedrängten und ungleichen Rippen bedeckt, welche in die der Nachbarzellen übergehend oder winklich mit ihnen zusammenstossend, unter sich durch ein reichlich entwickeltes zelliges Exothek verbunden sind.

Ein unregelmässiges Endothek wird durch schwach geneigte kaum einen Millimeter von einander entfernte Querlamellen vermittelt.

Aus krystallinischem marmorartigem Kalk vom Delta des Djagatai und Tantawi im Süden des Urmiasee.

Anderweitiges Vorkommen: In den Umgebungen von Bordeaux und Turin; nach Tschikatschef im Taurus zwischen Bostaneson und Selefké.

2. ASTRAEINAE DENDROIDEAE.

CLADOCORA MANIPULATA Mich.?

Tab. VIII. fig. 2. *a. b.*

Cl. erecta, ramosa; ramis cylindricis striatis, ramulos laterales gemmantibus; stellis subrotundis vel elipticis, inaequalibus valde remotis; lamellis in longitudinem patentibus 24 alternatim dimidiatis, minimis irregulariter interpositis; lamellis in transversum positis numerosis incurvis; pseudo columella, in locum axis substituta.

Die vorliegende Astraeina könnte von Seiten ihrer dendroidischen Form und des allgemeinen Habitus ihrer endständigen Zellensterne allerdings systematische Beziehungen, entweder zu den fissiparen Eusmilien oder den *Astraeinae hirtae* und unter diesen besonders zu den Calamophyllen wahrscheinlich machen, wie ich solche Beziehungen auf p. 14 auch anfänglich vorausgesetzt habe. Indessen hat der Anschliff in den inneren Structurverhältnissen Charaktere blossgelegt, welche ohnerachtet einiger Abweichungen im Wesentlichen wohl auf Cladocora deuten; eine Annahme, womit ausserdem die acrogene seitliche Knospenbildung und die dadurch bedingte Hinneigung dieser Astraeina zu caespitoser Familiengestaltung befriedigend übereinstimmt.

Die Längenschnitte zeigen an verschiedenen Handstücken übereinstimmend, bald ganz nahe, bald entfernter stehende, mehr oder minder grade und völlig frei in die Steinmasse aufsteigende, walzenförmige Stämme der verschiedensten Dimensionen. Unter diesen treten nach Oben sich mitunter allmählich erweiternde Hauptstämme von 7 bis 10 Millim. im Durchmesser, mit sehr deutlichen, aber entfernt stehenden Knospungen hervor. Diese seitlichen Sprossen, welche Durchmesser von 3 bis 6 Millim. durchlaufen, zeigen sich theils noch an dem Mutterstamme in ursprünglicher Stellung, theils befinden sie sich völlig isolirt in den Zwischenräumen der Stämme, an deren seitlichen Rändern hier und dort die Stellen kenntlich sind, welche einen Seitenast bereits abgestossen haben. Auch treten Fälle auf, wo die Seitenästchen, dem Zweige eines Candelabers vergleichbar, parallel neben dem Mutterstamm aufsteigend, theils in allmählicher Verdickung nach Oben in eine innige Verbindung mit dem Letzteren treten, theils mit seitlichen Nachbarsprösslingen anderer Mutterstämme der Colonie sich nahe berühren und

völlig zusammenwachsen. Diese Verhältnisse erläutern die auf den Querschnitten häufig zum Vorschein kommenden, scheinbar innigen Verwachsungen mehrerer Kelche unter sich, welche zur Vorstellung der Vermehrung dieser Art durch Theilung führen könnten, die derselben jedoch entschieden fremd ist. Die schwachen Wände oder Scheiden der Stämme erreichen bei den Stärksten kaum mehr als 0,5 Millim. Dicke. Ausserhalb sind sie mit einem schwachen Epithek versehen, welches indessen keine sichtbare Verbindung benachbarter Stämme unter sich vermittelt, und die sehr feinen, graden und einfachen Längsrippen (*cotes*) auf der Oberfläche der Polypenröhren nirgend zu verhüllen scheint.

Auf den die Stämme im Querschnitt blosslegenden Anschliffsflächen zeigen sich theils rundliche, theils schwach elliptische, bisweilen etwas verdrückte Kelche, von welchen die letzteren mitunter aus zwei zwillingsartig an einander gewachsenen Individuen formirt erscheinen. Von dem schwachen, äusserlich durch scharfkantige Rippen schwach cannelirten Rande strahlen, bei den regelmässigen rundlichen Kelchen, 24 besonders gut zu beobachtende, sehr zart gekörnte Lamellen, ziemlich grade nach Innen und bedingen eben so viele, unter sich gleiche Sternzellen. Obschon diese sämmtlichen Lamellen in der Centralregion der Kelche bis zur seitlichen Berührung unter sich an einander treten, so zeigt die nähere vergleichende Betrachtung, dass nur die sechs, dem ersten Cyklus angehörigen Lamellen den Mittelpunkt erreichen und dass die, welche den zweiten und dritten Cyklus formiren, successiv ein wenig zurücktreten. Da nun die correspondirenden Lamellen-Paare des primairen Cyklus im Mittelpunkte nicht in einander fliessen, vielmehr in schwacher Krümmung ihrer etwas über den Letzteren hinausreichenden Enden an einander vorübergleiten, so ergiebt sich aus solcher Lamellendisposition das Nichtvorhandensein einer eigentlichen Achse, wenn gleich hier dasjenige zu Stande kömmt, was Milne Edw. et Haime Tom. IX. l. c. p. 78 unter «*pseudo columella*» zu verstehen scheinen; eine Bemerkung durch deren Ausführlichkeit ich einer möglichen irrthümlichen Auffassung des betreffenden Verhältnisses auf der im Uebrigen sehr treuen Abbildung Tab. VIII. fig. 2, *b*. vorzubeugen wünsche. Durch feinere und kürzere, einen vierten Cyklus formirende Sternlamallen von verschiedener Länge, werden nun die Kammern dritter Ordnung dem bekannten Gesetze gemäss in unregelmässiger Aufeinanderfolge noch einmal getheilt. Das Eintreten nach unten gekrümmter Querlamellen, welche die Zellen in unregelmässigen Abständen (im Mittel von 1 Millim.) durchsetzen, bedingt ein grossmaschiges Endothek, Tab. VIII. fig. 2, *a*. und durch dasselbe das auf dem Querschnitt der Kelche sichtbar werdende unregelmässige concentrische Netz, fig. 2, *b*.

Wenn auch meine Bemühungen, die in dem Vorstehenden beschriebene Cladocora auf eine bereits bekannte Art zurückzuführen, kein völlig befriedigendes Resultat gehabt haben, so scheint es mir zur Vermeidung voreiliger Species-Aufstellung doch nöthig die unverkennbare Aehnlichkeit zwischen der in Rede stehenden Cladocora und der von Michelin als *Lithodendron manipulatum* l. c. p. 50 und Tab, X. fig. 4. beschriebenen und abgebildeten Astraeidaea hier in Berücksichtigung zu ziehen. Ohnerachtet der Unvollkommenheit der für diese Art von Michelin gegebene Diagnose und Abbildung, in welcher Milne Edw. et Haime schon eine Cladocora

vermuthen l. c. p. 310, halte ich, dieser Ansicht mich anschliessend, die Identität dieser Art aus dem miocenen Terrain der Umgebung von Turin mit der armenischen für wahrscheinlich genug, um die Letztere als *Cladocora manipulata Mich.* aufzuführen. Möglich, dass die als *Caryophillia caespitosa* von Bronn, *Leth. geog.* p. 895, Tab. XXXVII. fig. 6, *a. b. c. d.* angeführte Art aus den subapeninnen Mergeln von Castell' arquato ebenfalls mit der genannten Cladocora zu vereinigen ist. Die Aehnlichkeit, auf welche Bronn zwischen seiner *Caryophillia caespitosa* und dem von Goldfuss aus den Gosau-Schichten abgebildeten *Lithodendron granulosum* (*Cladocora*) Tab. XXXVII. fig. 12. hinweist, findet in entschieden höherem Grade auf die nächstfolgende aus Armenien zu beschreibende Art eine Anwendung.

Zur erläuternden Würdigung des geologisch bedeutsamen Epithets «Korallenkalk», welches ich p. 14 für den Supra-Nummulitenkalk bei Malischkent in Anwendung brachte, bemerke ich noch, dass die Hauptmasse des, die Zwischenräume der Polypenstämme ausfüllenden, halb diaphanen wachsgelblichen Kalkes fast nur durch Bruchstücke von Astraeiden, Poritiden, Cerioporen und Bryozoen gebildet wird, zu welchen sich noch vereinzelte Foraminiferen (Triloculinen) gesellen; wovon die Fig. 2, *a. b. c.* auf Tab. VIII. eine annähernde Vorstellung geben.

CLADOCORA ARTICULATA n. sp.

Tab. VIII. fig. 1, *a. b.*

Cl. tubis cylindricis, fastigantibus, basi incrassatis; stellis terminalibus prominulis subrotundis; extus striis longitudinalibus conferte granulosis 20 praeditis; internodiis magno intervallo disjunctis; intus lamellis 20 majoribus usque ad centrum patentibus, interpositis totidem numerosis; centro obsolete reticulato.

Aus sklerobasaler Epithekmasse, mit der Tendenz zu gemeinsamer und caespitoser Familiengestaltung entspringend, steigen 4 bis 7 Millim. dicke walzenförmige Stämme in regelmässigen, selten mehr als das Doppelte ihres Querdurchmessers betragenden Abständen nahe parallel mit einander empor; nur sparsam, zumal am basalen Ende im spitzen Winkel dichotomisirend. Unter bald allmählicher, bald rascherer Verjüngung von Unten nach Oben mit den verschiedensten Höhen in einem schwach erhabenen und abgerundeten Stern endigend, sind diese Stämme mit feinen, schwach gekörnten, unter sich gleichen und ähnlichen Längsrippen bedeckt, über welche in unregelmässigen Abständen äusserst zarte Ringe einer feinen Epithekmasse quer hinwegziehen. In grösseren Intervallen, und wie es scheint vorzüglich da, wo seitliche Knospung ein neues Individuum hervortreibt, gewinnt dieser Epithekal-Ring eine grössere Stärke und vermag selbst eine den Internodien bei den gras- und schilfartigen Halmen vergleichbare schwache Anschwellung des Stammes an dieser Stelle hervorzubringen. Tab. VIII, fig. 1, *a.*

Auf den in der Richtung der Längenachse der Sternröhren geführten Schlifflächen der Handstücke erscheinen in den Zwischenräumen der stärkeren, gerade aufsteigenden Stämme dergleichen isolirte schwächere, welche nach Analogie der *Cladocora manipulata* für losgetrennte Seitensprossen zu halten sind. Das Innere der Sternröhren enthält zahlreiche senkrechte

Lamellen, welche von schwach concaven Querlamellen in unregelmässigen Abständen durchsetzt werden und ein, von der vorhergehenden Art durchaus abweichendes Endothek hervorbringen. — Im senkrecht zur Achse geführten Querschnitt werden meistentheils runde, oder schwach elliptische, den angegebenen Stammdimensionen entsprechende, mitunter zwillingsartig verbundene Kelche blossgelegt. Ein schwacher Rand von weniger als 0,5 Millimètre Dicke, dessen äusserliche Zähnung den Längsrippen der Aussenseite entspricht, umschliesst dieselben. Zwanzig feine und äusserst zart gezähnte Sternlamellen, welche fünftheilig beginnend drei Cyklen formiren, treten sämmtlich in der Mitte des Kelches zu einer schwammig porösen Achse zusammen. Noch feinere, von der Peripherie mit halber Radiallänge ausstrahlende, zugespitzte Lamellen eines vierten und fünften Cyklus theilen diese zwanzig gleichförmigen Sternzellen noch einmal in zwei Hälften, Tab. VIII. fig. 1, *b*. Unter den mir durch Beschreibung bekannt gewordenen Cladocoren zeigt die *Cl. Simonyi*, welche von Reuss aus den Gosau-Schichten in den Beiträgen zur Charakteristik der Kreideschichten in den Ostalpen p. 112, Tab. XII. fig. 5—7. Wien 1854. beschrieben und abgebildet worden ist, die meiste Aehnlichkeit. Indess unterscheidet sich die *Cladocora articulata* von jener doch wesentlich durch den inneren Bau der Sternröhren; denn die *Cl. Simonyi* besitzt 48 Lamellen, von denen 12 bis zum Centrum reichen. Zwischen je zwei derselben liegen drei kürzere etc. Mit diesem Unterschiede steht auch ein ganz anderes Verhältniss der Längsrippen auf der Aussenseite des Stammes in Verbindnng. Der Kalkstein vom Djafarludag bei Tschanachtschi, dem die so eben beschriebene Cladocora angehört, ist durch stratigraphisches und petrographisches Verhalten als oberstes Glied einer Formationsgruppe bezeichnet, welche in unmittelbarer Lagerung auf Fusulinenkalk südlich vom Goktschaisee auf den Gebirgshöhen im Daralagez weisse marmorartige Aequivalente der oberen Abtheilung der Nummulitenformation in zahlreicher Schichtenfolge begreift, deren untere Glieder besonders reich an Nummuliten, Orbituliten und Operculinen sind und auch zahlreiche Pecten einschliessen. Der petrographischen Uebereinstimmung dieser unteren Schichten mit denen der oberen Etage unbeschadet, fehlen in der Letzteren jedoch alle Fossilien aus jenen. Das Gestein trägt das Gepräge einer wahren Korallenbank. Auch hier sind es wieder die Trümmer zahlreicher kleiner, theils zu den Bryozoen und Poritiden, theils zu den Foraminiferen zu rechnender, schwer erkennbarer Organismen, welche den Kalkstein erfüllen, der die Sternkorallen umschliesst. Indessen unterliegt das Mitvorkommen von *Nummulites intermedia* in kleinen vereinzelten Exemplaren auch in diesem Kalke von Djafarludag kaum einem Zweifel und zeigt, dass derselbe in der That als integrirendes Glied der Nummulitenformation zu betrachten ist. Diese Thatsache kann die Gründe, welche für den Supra-Nummuliten-Charakter des Kalksteins von Malischkent sprechen, um so weniger schwächen, da derselbe keine Nummuliten und die von der so eben beschriebenen Species specifisch verschiedene *Cladocora manipulata* einschliesst; auch wird er von dem unterliegenden Nummulitenterrain durch das Zwischenlager eines Sandsteins aus den Trümmern, durch glasigen Feldspath und Glimmer bezeichneter Gesteine getrennt, in welchem freilich noch *Ostraea gigantea* vorkömmt. Bemerkenswerth ist es indessen, dass eine so auffallende Aehnlichkeit hier drei Clado-

coren-Arten einander nahe bringt, von welchen die *Cladocora Simonyi Reuss.* der Kreide, die *Cl. articulata* dem Nummulitenterrain und die *Cl. manipulata* dem Supra-Nummulitenkalk angehören.

3. EUSMILINAE AGREGATAE.

PHYLLOCOENIA ARCHIACI?

Tab. VII. fig. 5, *a. b.*

Phyllocoenia Archiaci Milne Edw. et Haime T. 10. p. 303.

Phyllocoenia subglobosa, stellis valde remotis, subrotundis vel subelipticis, profunde excavatis, margine elevato cinctis; axi nullo; lamellis granulosis per interstitia subconcava concurrentibus.

Ein 30 bis 40 Millim. grosser becherförmiger Polypenstock mit obsoletem oberen Ende. Die Sterne, welche auf den ersten Blick an *Sarcinula astroites Goldf.* erinnern könnten, sind rundlich, oder halb oval, und stehen in unregelmässigen, mitunter ziemlich grossen Abständen von einander entfernt, welche den Durchmesser der Kelche bedeutend übertreffen können, der im Mittel kaum 2 Mm. beträgt. Der Rand der mässig vertieften Sternzellen wird von 32 ungleichen, 4 vollständigen Cyklen angehörenden Septallamellen, nur schwach überragt, von welchen 16 im Mittelpunkte zu einer Pseudo-Achse zusammentreten. Die äussere Fortsetzung der dicht an einander gedrängten am Rande verdickten Septallamellen durch ein compaktes Coenenchym bis zu den Nachbarsternen ist sehr deutlich.

Der äusseren Form nach gleicht diese Phyllocoenia so sehr den Abbildungen, welche Reuss von einer Art der fossilen Polypen des Wiener Tertiairbeckens in den naturw. Abhandl. T. II. pl. 2, fig. 11 giebt, die Milne Edwards et Haime als *Astraea Reussiana* T. XII. p. 110 aufführen und für nahe verwandt mit der *Astraea moravica* Reuss l. c. p. 23. Tab. IV. fig. 4 halten, dass ich beide unbedingt für identisch erachten würde, wenn die von mir beschriebene Art nicht zumal durch die Abwesenheit der Achse, den erhabenen Rand und die starken, nach Aussen verlängerten Septallamellen deutlich den Phyllocoenien-Charakter zeigte. Als solche scheint sie mir im Wesentlichen der *Phyllocoenia Archiaci Miln. Edw. et Haime* so nahe zu treten, dass mich nur der Mangel direkten Vergleiches mit diesem Fossil oder seiner Abbildung bestimmt, die persische Art nicht unbedingt mit der Genannten zu vereinigen.

Das einzige mir zugekommene Exemplar fand sich unter den Petrefakten von der Insel Koujoundagi im Urmiasee. Andere Fundorte: die Umgebungen von Dax.

II. ZOANTHARIA PERFORATA.

PORITIDAE Dana.

Die physiologische Bedeutung des Sclerenchym und seiner Entwickelungsweise für das morphologische Verständniss der Polypen im Allgemeinen macht sich bei dem Studium der fossilen Poritiden vorzugsweise geltend. Ohne Festhalten an der Vorstellung vom Sclerenchym

als eines organischen, mit einem gewissen Grade der Vitalität begabten Gewebes, welches anatomische Elemente aus sich entwickelt, durch deren innige Juxtaposition und gesetzmässige Gruppirung das solide Gerüst des Polypen mit allen seinen Partikularitäten bedingt wird, würde man sich keine genügende Rechenschaft von den Gründen und dem Umfange der Veränderungen und der Formenverschiedenheiten geben können, welche das Zellengewebe der Poritiden bisweilen bei ein und derselben fossilen Art zu durchlaufen vermocht hat. In Folge dieses Mangels würde unvermeidliche Unsicherheit in der Unterscheidung der constanten, die Art begründenden Charaktere die systematische Bestimmung sehr leicht irre leiten und somit der Wissenschaft nachtheilige Verwirrung bereiten können. Von dieser Ueberzeugung bestimmt, glaubte ich der geologischen Wichtigkeit, welche gewisse Gattungen der Abtheilung *Poritinae* als charakteristische Leitfossilien für die tertiairen Schichten besitzen, die Ausführlichkeit schuldig zu sein, womit ich die Beschreibung der folgenden in den Kreis meiner Beobachtung gelangten Arten behandelt habe.

PORITINAE.

Die p. 26 erwähnte Zusendung von Fossilien der Inseln des Urmiasee bereicherte meine Sammlung von Versteinerungen aus dem entschieden miocenen Supra-Nummulitenkalk von Azerbeidjan um einige 50 Exemplare von Polypenstöcken der verschiedenartigsten und sonderbarsten Gestaltungen, welche von Seiten ihrer Oberflächen-Charaktere sämmtlich dem Genus *Porites* anzugehören schienen. Eine, dem unverkennbaren Uebergange dieser Gestalten aus einer in die andere folgende Sonderung, brachte dieselben in eine Reihe, in welcher knollige, Rhizomen vergleichbare solide Massen zu erecten, theilweis ausgehöhlten rauhen truncusartigen Stücken und diese zu flexuosen glatten, bald rundlichen, bald lappig zusammengedrückten Verästelungen überführen, von deren ausgebildetester Form die Tab. IX, fig. 1, *a*, ein treues Bild liefert. Anschliffe, bei sämmtlichen Stücken die Struktur des inneren Zellengewebes an den geeignetsten Stellen in der Quer- und Längsrichtung blosslegend, zeigten nun in Bezug auf jene Structur unerwartete Verschiedenheiten, bedeutend genug, um von denselben ausgehend, auf den ersten Blick in den vorliegenden Porites wenigstens zwei Species repräsentirt zu glauben. Nähere Prüfung zeigte indess, dass der Fall, der in dieser Mannigfaltigkeit innerer Struktur und äusserer Gestalt vorliegt, sich aus den von Milne Edwards et Haime an lebenden Polypen so genau studirten physiologischen Entwicklungsgesetzen völlig befriedigend erklärt. Das epidermische Sclerenchym entwickelt in üppiger Wucherung, nulliporenartig fortwachsend, zuerst den fundamentalen Sclérobase, wie bei Isis und Gorgonia, bekleidet die truncusartige Verlängerung desselben mit neuen concentrischen Schichten und treibt dann mit Wiederholung gleicher Phänomene wie die, welche die Entstehung des ersten Tuberkels in der Mitte des sich bildenden Polypen vermitteln, an verschiedenen Stellen des Truncus gemmae- und ramiforme Protuberanzen hervor. Wie nun dieser Hergang die Mannigfaltigkeit der äusseren Gestaltung befriedigend erläutert, so auch die des inneren Zellengewebes. So lange die Bildungsthätigkeit des amorphen Sclerenchym, welches immer durch über einander lagernde Schichten,

theils von Unten nach Oben, theils von Innen nach Aussen zunimmt und, vielleicht durch zufällige, periodischer Abänderung unterworfene äussere Lebensbedingungen gesteigert, überwiegend wirkt, scheint das Geschäft der Zellen ausscheidendenden sclerenchymatösen Thätigkeit zur Darstellung des der Art eigenthümlichen inneren soliden Gerüstes wiederholt gestört worden zu sein. Es lässt sich annehmen, dass der dauernde Eintritt der diesem Processe der Zellenbildung günstigen Bedingungen mit der nun regelmässiger werdenden dendroidischen Entwickelung des ganzen Polypenstockes auf die ungestörte reine Ausbildung jenes inneren Gerüstes eingewirkt und in demselben das Ensemble von Charakteren hervorgerufen hat, welches für die specifische Bestimmung der Art allein maassgebend sein kann und darf.

Für die Richtigkeit dieser Ansicht spricht der Umstand, dass sämmtliche vorliegende, unförmliche und knollige Massen und die, mitunter conische Aushöhlungen besitzenden Truncusstücke zum grösseren Theile nur aus einem, wachsähnlichen, bald weissgelblichen, bald honigfarbigen Sclerenchym bestehen. Zackige und den äusseren Contouren der Massen parallel laufende Streifen eines netzartigen, lichter gefärbten, sclerenchymatösen Poritidengewebes machen sich in demselben bemerkbar. Bei den rundlichen Stammstücken dagegen liegen diese Streifen auf den Querschnitten in concentrischen Reihen, welche in dem Maasse dichter an einander treten und in ein vollständig ausgebildetes Zellengewebe übergehen, als die dendroidische Entwickelung der sich allmählich verjüngenden Stämme zunimmt. Jetzt erst ist die bis auf einzelne kleine Störungen vollendete gesetzmässige Anordnung der ganzen Colonie auf den Quer- und Längenschnitten befriedigend zu beobachten. Der allseitige Vergleich der auf diesem Wege der Prüfung zugänglich gemachten unvollständigen und vollständigen Sclerenchym-Charaktere hat nun die Arten-Identität sämmtlicher von den Urmia-Inseln erhaltenen polymorphen Poritenreste ausser Zweifel gestellt und den Ausdruck derselben wie folgt ermöglicht.

PORITES POLYMORPHA n. sp.

Tab. IX. fig. 1, *a. b. c. d. e.*

P. polymorpha, sublobata, glomerato-tuberosa, an obsolete arborea, nec non dendroides; stellis parvis contiguis, subpolygonalibus; centro papilloso; lamellis arenoso-scabris, intus tenuibus, irregulariter contortis, sinuatis subinermibus.

Die bereits erwähnten mit lappigen Auswüchsen bedeckten, bald rinden-, bald stammförmigen Massen lassen auf ihrer grösstentheils sehr rauhen und feinkörnigen porösen Oberfläche kaum mehr als Andeutungen von unregelmässig gebildeten Zellensternen erkennen. Dagegen sind die glatten dendroidischen Stammstücke mit dicht an einander gedrängten, schwach vertieften, subpolygonalen, etwas ungleich gebildeten Sternen besetzt, welche 2 Millim. im Durchmesser besitzen und durch einen schwach erhabenen und stumpfen Rand von einander getrennt sind. Zwölf schwach gekörnte Lamellen ziehen von der Peripherie zum Mittelpunkt, den eine obsolete schwammige Achse einnimmt. Das diesen äusseren, in der Regel etwas verworrenen und oblitterirten Oberflächenverhältnissen entsprechende Zellengewebe lässt sich nur bei Stamm- und Aststücken, auf parallel der Längenachse geführten Schnittflächen genau beobachten. Unregel-

mässigkeit der Kelche und Mangel an völligem Abschluss ihrer Ränder bedingt in Verbindung mit der porösen Struktur der unterbrochenen Sternlamellen und in einander übergehenden Randlamellen der Kelch-Individuen das netzförmige Sclerenchym-Gewebe, von dem fig. 1, *c.* ein Bild giebt. Nur mit einiger Mühe lassen sich hier die einzelnen Individuen mit den Rudimenten ihrer zwölf Sternlamellen und den mit vorhandenen Kronenblätter (*palis*, *paluli*) von einander sondern. Der Querdurchschnitt gut ausgebildeter Aststücke zeigt nach Anleitung der fig. 1, *b.* nur die Kelchröhren des Polypenstocks im Längendurchschnitt, wie sie von einer gemeinsamen Centralregion divergirend nach dem Rande ausstrahlen. Die Unbestimmtheit und unvollständige lamellare Beschaffenheit, womit der Septalapparat auch hier erscheint, macht die deutliche Unterscheidung der einzelnen Individuen unmöglich. Indessen lassen sich in den radial vertheilten, im Ganzen nur wenig unterbrochenen Lamellen die trennenden Wände (*murailles*), so wie in den concentrisch disponirten, vielfach unterbrochenen Lamellenreihen die transversalen Scheidewände der Sternröhren (*cavités viscerales*) deutlich erkennen. Auch wird der Einfluss überblickt, den die marginale Knospung der einzelnen Individuen in allmähliger Fortentwickelung der Colonie auf die eigenthümliche Gestaltung des in dem Durchschnitt vorliegenden Zellengewebes ausüben musste.

Die Figuren 1, *d.* u. 1, *e.* geben Abbildungen eines Abschnittes aus dem unteren Theile eines jener bereits Oben erwähnten knolligen Stammstücke, die häufig von einer medianen conischen Höhlung senkrecht durchsetzt werden. Das Verhalten des amorphen Sclerenchym zu den Fällen wiederholt beginnender und wieder unterdrückter Zellenausscheidung in concentrischen Zonen ist durch die dunkler gehaltenen Streifen auf dem hellen Untergrunde angedeutet. Die Fig. 1, *d.* giebt den Stammschnitt in natürlichem, die Fig. 1, *e.* ein Stück desselben in vergrössertem Verhältniss.

Unter den durch Abbildung und Beschreibung mir bekannten Poritenarten nähert sich die so eben beschriebene sehr dem *Porites incrustans Miln. Edw.* (*Por. Collegniana Mich.* l. c. p. 65, Tab. 13. fig. 9) Milne Edw. et Haime l. c. T. XVI. p. 34 und dem *P. leiophylla Reuss*, Naturw. Abh. T. II. p. 28, Tab. V. fig. 4. Die erste, nur in flach ausgebreiteten, convexen und lappigen Massen angeführte Art unterscheidet sich von *P. polymorpha* indess wesentlich durch scharfe Kelchränder und dicht mit kleinen scharfen Rauhigkeiten und Stacheln besetzte Lamellen, Reuss l. c. Tab. V. fig. 3, *b.* Die zweite ist von derselben nicht minder bestimmt durch sogleich näher anzugebende Kennzeichen getrennt.

PORITES LEIOPHYLLA Reuss.

Porites leiophylla Reuss, Polyp. des Wiener Tertiairbeckens l. c. Vol. II. pl. 5, fig. 4.

P. leiophylla Reuss, tuberosa, stellis approximatis, valde irregularibus; lamellis crassis, labyrinthice contortis, sinuatis subinermibus.

Diese Art bildet knollige, theils in festem Gestein eingewachsene, theils isolirt vorkommende Massen von 25—50 Millim. Durchmesser. Die sehr genäherten Sterne sind ungleich

nud unregelmässig gebildet, mitunter ganz unförmlich. Die sparsamen Lamellen sind verhältnissmässig sehr dick und ohne Stachelhöcker, verbinden sich unter mannigfaltigen Biegungen und theilen sich in unregelmässige Zweige. Die durch das Zusammenschmelzen der Lamellen und durch sparsame Querlamellen entstehenden Löcher sind wenig zahlreich und sehr verschieden gestaltet. Der Vertikalschnitt der Koralle zeigt ein grobes und wenig poröses Gewebe.

Dieser wörtlich wiedergegebenen Schilderung von Reuss völlig entsprechende Porites habe ich auf den Anschliffen der Bryozoen reichen Varietäten des Supra-Nummulitenkalkes von den Urmiaseeinseln mehrfach erkannt und in knolligen und unförmlichen Massen mit Clypeaster, Ostreen und Pectenfragmenten aus dem Kalkstein *c.* des Profils fig. 7, Tab. X. mitgebracht, welcher den Boden der p. 17 erwähnten grossen Höhle des Schlosses von Maku bildet. Auch glaube ich derselben Art die partiellen Ausscheidungen eines Poritidengewebes zuschreiben zu dürfen, die ich in der gelblich durchscheinenden, auch Nulliporen verrathenden Kalkmasse, zwischen den aufrecht stehenden Sternröhren der *Cladocora manipulata* bei Malischkent (p. 11) beobachtete.

LITHARAEA RAMOSA Miln. Edw. et Haime.

Tab. IX. fig. 12, *a. b. c. d. e.*

Litharaea ramosa Milne Edwards et Jules Haime l. c. T. 16, p. 38.

In der allen Poritiden eigenthümlichen, netzförmigen und porösen Beschaffenheit des Sclerenchym, so wie in der Unbestimmtheit ihres, durch Krümmung und trabiculäre Zertrennung der Lamellen fast immer undeutlichen Septalapparates liegen die Gründe, welche eine genaue Unterscheidung der Gattungen stets sehr erschweren. Die generische Bestimmung der vorliegenden Poritina als Litharaea stütze ich auf folgende Ansichten.

Die Gestaltung des Polypenstockes, die Form und Grösse der Kelche, so wie die äussere Beschaffenheit der Septallamellen, wie sie an der freien Oberfläche zum Vorschein kommen, sind als generisch unterscheidende Merkmale bei den Poritiden von geringem Werth, dagegen sind deutliches oder undeutliches Geschlossensein der Sternröhren-Scheide (*theca*), Vorhandensein oder Abwesenheit der Kronenblätter (*palis*) im Kelchstern, so wie Dasein oder Fehlen der Columella in generischer Beziehung maassgebend. Die vorliegende Art kann demnach vermöge ihres vollständig geschlossenen Sternrandes, fig. 12, *e.*, ihrer starken, besonders in der Nachbarschaft des Letzteren gut entwickelten Septallamellen, so wie der Abwesenheit der Kronenblätter und des Vorhandensein seiner schwammigen Achse, weder dem Genus Porites, noch Rhodaraea angehören und muss ihre Stellung entweder unter Goniopora, Microsolena oder Litharaea finden. Von dem Genus Goniopora wird sie durch die sehr geringe Vertiefung ihrer Kelche und mehr noch durch die ausgebildete Entwickelung ihrer Septallamellen abgewiesen, eben so von Microsolena, welche starkes Epithek und grossmaschige Lamellenstructur besitzt.

—

Litharaea dendroides; trunculis arboreis verrucosis, singulis et conglutinatis; calicibus subconcavis fere planis, rotundatis valde inaequalibus; intus, stellis rotundis theca integra circum-

scriptis; lamellis 16 distinctis, prope centrum confertim coalitis; interstitiis stellarum eleganter reticulatis.

Diese Art bildet unregelmässige cylindrische Stämme von 1 bis 1,5 Centim. im Durchmesser, welche dicht an einander gedrängt aufsteigen und vermöge lappiger seitlicher Auswüchse häufig eine innige Berührung bis zur gegenseitigen theilweisen Verschmelzung mit einander eingehen. Die Oberfläche dieser unregelmässigen Massen ist uneben höckrig und da, wo die Verwitterung das umschliessende Gestein entfernt hat, mit einem schwachen Epithek versehen. Unter demselben werden auf fein granulirtem Grunde sehr flach vertiefte und ungleiche rundliche Sterne sichtbar. Randlos, in unregelmässigen Zwischenräumen von einander abstehend, werden sie nur durch zart gekörnte, zu centrirten Gruppen feiner Knötchen sich radial verhaltende Lamellen erkannt. Auf Schlifflächen, fig. 2, *a.*, welche die Stämme quer durchschneiden, tritt ein ganz ähnliches Verhalten zwischen einem amorphen und einem netzförmigen Sclerenchym zum Vorschein, wie dasselbe p. 41 näher besprochen und durch die Fig. 1, *d.* u. 1, *e.* erläutert worden ist. Den einzigen Unterschied bedingt hier ein etwas feineres, aber in stärkeren Partieen und vollständiger entwickeltes netzförmiges Zellengewebe, dessen wahrer innerer Bau auf den mit der Achse der Stämme parallel geführten Schnittflächen des Polypenstocks zu beurtheilen ist, fig. 12, *a.b.*c.*d.* Hier kommen in stärkeren rindenförmigen Massen mit caespitoser Entwickelung zahlreiche Sternröhren gleichzeitig zum Quer- und Längendurchschnitt. Die meistentheils runden, in sehr unregelmässigen Abständen von einander stehenden Sterne haben durchschnittlich 1,5 Millim. im Durchmesser und sind von einem völlig geschlossenen Rande umgeben; von demselben dringen 16 vollständige Lamellen zur Mitte, wo sie um eine hohle Achse zusammenfliessend, die Septa auf die Hälfte ihrer Länge jedoch so zusammen drängen, dass am Zusammentritt der Lamellen des ersten und zweiten Cyclus ein Rudiment des Septum offen bleibt. Die acht, auf diese Weise im centralen Zusammenfliessen der Lamellen entstehenden Oeffnungen bedingen in Verbindung mit der neunten, dem Sterncentrum entsprechenden Oeffnung eine kleine Rosette in der Mitte der Kelche. Die Aehnlichkeit dieser so disponirten Sterne mit gewissen Astraeiden wird noch gehoben durch das regelmässige gitterförmige Exothek, welches die Interstitialräume zwischen den Kelch-Individuen ausfüllt. Auf der rechten Seite der Abbildung legt der Anschliff die etwas gekrümmt erscheinenden Kelchröhren im Längendurchschnitt blos. Die longitudinalen, parallel laufenden Lamellen entsprechen den Scheidewänden (*murailles*), die transversalen dagegen den visceralen Cavitäten mit kleinen, rudimentären Querlamellen. Der hier und dort gestörte Parallelismus der longitudinalen Lamellen, so wie die partiellen Zusammendrückungen und Divergenzen der durch sie begränzten Räume sind Folgen der gemmiparen Fortpflanzung der Coloniebewohner. In den Zwischenräumen der Polypenstämme kommen Bi- und Triloculinen in der lichtgrauen Gesteinsmasse zum Vorschein, fig. 11. In der sehr kurzen Beschreibung der *Litharaea ramosa* aus der Umgegend von Dax bei Milne Edw. et Haime wird die Grösse der Kelchdurchmesser zu 2 bis 3 Mm., die Anzahl der Septallamellen aber zu 12 angegeben. Indessen glaube ich diesen Unterschieden doch nicht die Gründe vindiciren zu dürfen, die mich bestimmen die Identität der armenischen Art mit der

*Litharaea ramosa*n aus den miocenen Schichten von Dax anzunehmen. Der Fundort derselben ist der p. 17 von mir als Supra-Nummulitenkalk bezeichnete Kalkstein, Tab. X. fig. 9, *b.* bei Bajazid.

FORAMINIFEREN.

Die Bestimmung der Foraminiferen, welche Anschliffe in festen Gesteinsschichten blosslegen, würde mit geringeren Schwierigkeiten verbunden sein, wenn in den vortrefflichen Beschreibungen der dieser Thierklasse angehörigen Reste von d'Orbigny, Reuss und Czjżek die inneren Strukturverhältnisse der Schaalen eine durch Durchschnitte und Abbildungen unterstützte entsprechende Erläuterung gefunden hätten. Die Zuratheziehung solcher vergleichenden Durchschnitte würde selbst in solchen Fällen noch die Bestimmung von Arten möglich machen, wo die Forschung sich jetzt begnügen muss, nur der Gegenwart der Foraminiferen gewiss zu sein, ohne über Familie und Genus der vorkommenden Formen in den meisten Fällen mehr als unsichere Vermuthungen aufstellen zu können.

Unter der Vielzahl von Foraminiferen-Arten, welche ich durch den Anschliff meiner Handstücke fast constant in allen Kalkschichten erkannt habe, die einer in Armenien wenigstens vorhandenen Uebergangszone aus dem Nummulitenterrain in die Schichten der Molassenperiode angehören, halte ich nur drei den Helicostegiern und Agathistegiern zufallende Arten und diese selbst noch nicht einmal mit völliger Sicherheit, specifischer Bestimmung fähig.

ROBULINA DEPRESSA Michelotti.

Tab. IX. fig. 4.

Robulina austriaca d'Orb., Foram. foss. p. 102. Tab. V. fig. 1. 2. (?)

« *depressa* Michelotti, Descr. des foss. des terr. mioc. p. 15. Pl. I. fig. 1.

Robulina testa orbiculato-compressa, disco centrali, loculis 11 angustatis, arcuatis margine integro.

Schaale kreisförmig zusammengedrückt, in der Mitte mit einem Discus versehen. Der Kiel scheint einfach eckig, aus 11 spiralförmigen, engen, gewölbten und schiefen Kammern gebildet, die ohne Vorsprung auf ihren Näthen sind.

Während die Identität dieser Art mit der *R. austriaca* auf Voraussetzungen beruht, die mindestens mit den von d'Orbigny gegebenen Abbildungen nicht unverträglich sind, leidet es wohl kaum einen Zweifel, dass in dem Originale für die Zeichnung der *R. depressa* bei Michelotti die gleiche Art vorlag, die auf Tab. IX. fig. 4 abgebildet ist. Der Durchmesser, der bei der Letzteren 1 Millim. ist, hat in der sehr kurzen Beschreibung dieser Art bei Michelotti keinen Ausdruck gefunden.

Ich habe diese Foraminifere in den mergeligen Kalkschichten auf der Ebene des Hochthales von Karakilissa, wie in dem Höhlenkalk bei Maku, Tab. X fig. 7, *c.* häufig gefunden.

Andere Fundorte sind die Hügel in der Nähe von Turin. Als *R. austriaca:* Baden bei Wien.

POLYSTOMELLA QUATERPUNCTATA n. sp.

Tab. IX. fig. 8, *a. b.*

Polystomella, testa discoidali, compressa, externe angulata, disco centrali quater punctato ornata; loculis numerosis, lateribus fossiculis oblongis, diam. 1 mm.

Eine, im Ganzen etwas zusammengedrückte, stumpf gekielte Schaale, aus Spiral-Touren zusammengesetzt, welche zu dem centralen, mit vier starken Punkten versehenen Nabel schief abgeschnitten erscheinen. Im Innern aus einer grossen Anzahl von Kammern gebildet. Durchmesser 1 Millim. Die Art nähert sich der *P. crispa Lam.* d'Orbigny p. 125, Tab. VI. fig. 9. 14. jedenfalls bedeutend; weicht indessen von derselben durch die bei allen Individuen immer constant gefundenen, starken, vierfachen Punkte auf dem Nabel ab; Gründe, welche mich bestimmten, beide Arten von einander getrennt zu halten.

Fundort in dem p. 16 beschriebenen, gelblichen, alabasterartigen, Bryozoen reichen Kalkstein von der Halbinsel Schahi und den Inseln des Urmiasee's.

QUINQUELOCULINA sp. incerta.

Tab. VIII. fig. 2, *c.* u. Tab. IX. fig. 11.

Quinqueloculina Akneriana d'Orb. Foram. foss. p. 290, Tab. XVIII. fig. 16—21?

T. testa ovata; convexa, externe rotundata, antice posticeque subacuminata; loculis arcuatis, lateribus convexiusculis, diam. 1,5 millim.

Der das Fossil zufällig genau im Längendurchschnitt bloss legende Anschliff zeigt eine sehr regelmässige, rundlich ovale und an ihren Enden stumpfe Schaale. Die in gleicher Breite ausgebildeten, an den Seiten stark convex gebogenen Kammern sind an den Enden nur sehr wenig verengt. Eine grössere Anzahl von Kennzeichen wahrzunehmen, gestattet das Objekt nicht. Wenn gleich sich diese Charaktere auf mehrere Arten beziehen können, so macht die grosse Uebereinstimmung, welche die Contouren der im Durchschnitt der Fig. 2, *c.* sichtbaren Schaalen mit gleichwerthigen Theilen der Tab. XVIII. l. c. bei d'Orbigny abgebildeten *Quinqueloculina Akneriana* wahrnehmen lassen, die Identität beider Arten doch sehr wahrscheinlich. Die gleichfalls ovale *Quinqueloculina triangularis* würde, in gleichem Durchschnitte gedacht, weniger gut mit der armenischen Art übereinstimmen, denn sie ist annähernd dreieckig, vorn abgestutzt und hinten stumpf. Die Fundstellen dieses Fossils sind die p. 17 als Supra-Nummulitenkalke bereits näher bezeichneten Korallen reichen Schichten bei Malischkent im Arpatschaithale am Fuss des Dalychtäppa, der analoge Kalkstein hei Maku Tab. X. fig. 7 und der vorher erwähnte Kalk vom Urmiasee.

Die *Quinqueloculina Akneriana* wurde zuerst von d'Orbigny aus dem Wiener Becken beschrieben, wo sie bei Baden nicht gerade häufig ist.

Die anderen von mir beobachteten Foraminiferen gehören zum grösseren Theil der Familie der Multoloculidaeen an. Mit Rücksicht auf den bedeutenden Werth, welchen die fossilen

Schaalen jener Thierklasse für die Bestimmung des Alters geologischer Bildungen überhaupt, die der Agathistegier aber vorzüglich für die Gebilde der Tertiairzeit besitzen, habe ich auf den Tafeln VII. u. IX. eine Anzahl von den am häufigsten wahrgenommenen Foraminiferen so abbilden lassen, wie sie auf den Anschliffsflächen der Handstücke fester Kalksteine zufällig zum Vorschein kamen. Wenn auch generische und specifische Bestimmung jener Formen selbst dem speciellen Kenner nur theilweise möglich sein dürfte, so ist doch der Haupzweck erreicht, so bald die Abbildungen dazu beitragen könnten, an anderen Orten auftretende identische Formen wieder zu erkennen und durch dieselben die Zahl der Charaktere zu vermehren, auf welche eventuelle Uebereinstimmung zwischen räumlich weit von einander getrennten Facien gegründet werden kann.

Die Multiloculidaeen Tab. VII. fig. 7. 8. 9. und Tab. IX. fig. 9, 5. finden sich in der p. 19 erwähnten oolithischen Kalkschicht, die am Gedargandag bei Bajazid, Tab. X. fig. 9, zwischen dem durch *Litharaea ramosa* bezeichneten oberen Kalkstein und jenem gelagert ist, der bereits deutliche Nummuliten mit zahlreichen Foraminiferen zusammen einschliesst.

BRYOZOEN.

Der von Milne Edwards und Audouin zuerst geführte Beweis, dass die Thiere dieser Abtheilung von Seiten einer zusammengesetzteren Organisation sich mehr den Mollusken als den Zoophyten nähern, gebietet die Aufzählung fossiler Reste derselben auch von der der Zoophyten getrennt zu halten. Die Zelle der Bryozoen ist nicht als eine bloss unorganische äussere Schaale, sondern als ein durch kohlensauren Kalk incrustirter Theil des thierischen Mantels zu betrachten. Durch das gesetzmässige Zusammentreten solcher selbstständigen Zellen-Individuen ist jene Vielzahl von bald regelmässigen, bald unregelmässigen Körpern hervorgebracht, auf deren bewunderungswürdigem Formen-Reichthum ein Theil der grossen palaeontologischen Bedeutung beruht, welche die Bryozoen besitzen. Die in dem Folgenden zu beschreibenden Arten gehören der Reihe nach den Familien der *Myriozumidae*, der *Crisidae* und der *Celleporidae* von d'Orbigny an.

CERIOPORA PALMATA d'Orb.

Tab. IX. fig. 13, *a. b.*

Cumulipora angulata Bronn, Lethaea geognostica p. 879, Taf. 36. fig. 7?
Cellepora palmata Mich. Iconogr. zooph. p. 325, Tab. 78. fig. 1.

C. complanata, lobata, vel ramosa; ramis irregulariter rotundis, poris obsoletis subaequalibus; intus tunica cellularia maculis minutis distincta, in cellulas graciles semicirculares divisa.

Es sind bald rundliche, bald mehr oder minder zusammengedrückte, dicklappige, auch stammartig emporwachsende, undeutlich sich verästelnde Massen von unebener grobkörniger Oberfläche, 5 bis 15 Millim. im Durchmesser und mit abgerundeten Enden. Wo bei gewöhnlich unregelmässiger Aggregation kurzer stammförmiger Individuen von wirklicher Verästelung

geredet werden kann, scheinen Nebenäste den Hauptstämmen und zwar zur Längenachse derselben mehr oder minder senkrecht angefügt, Tab. IX. fig. 13, *a*. Im Längen-Durchschnitt zeigen die Stämmchen und Aeste ein dichtes, maschenförmig disponirtes Gewebe, von kleinen ungleichen rundlichen Zellen bedingt, welche innerhalb der, bisweilen cavernöse Beschaffenheit zeigenden Achsenregion oval erscheinen. Nach den Stamm-Enden zu nehmen diese Zellen eine mehr und mehr plattgedrückte hemisphärische Form an, und tragen durch diese Disposition wesentlich zu der regelmässigen Krümmung der Stamm-Extremitäten bei. Auf diesem Verhältnisse beruht auch die sehr verschiedene Breite der Zellen; in der Mitte der Stämme treten mindestens 3 Zellen auf 1 Millim. zusammen, an den Stamm-Enden aber, wo mit der Zusammendrückung ihre Breite zunimmt, kaum zwei.

Die Zeichnung fig. 13, *a*. versinnlicht die so eben angegebenen Verhältnisse in dreifacher linearer Vergrösserung der centralen Anschliffsfläche des Stammes fig. 13, *a*. Das Vorhandensein eines von Septallamellen nur unvollständig ausgefüllten achsialen Raumes wird an dem liegenden Hauptstamm deutlich.

Wenn gleich auch Abbildung und Beschreibung der *Cellepora palmata* bei Michelin noch Manches zu wünschen übrig lassen, um einen genauen Vergleich der dort gemeinten Art mit der hier beschriebenen durchführen zu können, so glaube ich doch die naheliegende Gefahr, zwei aller Wahrscheinlichkeit nach wirklich zusammengehörende Arten zu trennen, durch Beibehaltung der jedenfalls in d'Orbigny's *Ceriopora* überzuführenden Species als *C. palmata* vermeiden zu müssen. Zeichnung und Beschreibung der *Cummulipora angulata* bei Bronn l. c. lassen kaum einen Zweifel, dass sich dieselben auf die in Rede stehende Ceriopora-Art beziehen.

Ausser den p. 17 bereits angegebenen Fundorten dieser Ceriopora bei Maku im dichten Kalk und auf der Hochebene von Karakilissa im grauen Kalkmergel, habe ich zahlreiche im festen marmorartigen Kalkstein eingewachsene lappige Stammreste dieser Bryozoe aus der Umgebung des Urmiasee's, vom Delta des Djagatai und Tantawi erhalten. Auch finden sich Trümmer derselben Art in dem Supra-Nummulitenkalkstein von Malischkent.

Andere Fundorte sind: die Molassen von Bouches du Rhône, Indre et Loire und Maine et Loire, wie auch des nordwestlichen Deutschland bei Osnabrück.

DIASTOPORA GEMMIFERA n. sp.

Tab. IX. fig. 7, *a. b.*

Diastopora incrustans, repens, subramosa ascendens; subtus cellulis fistulosis approximatis, in serias contortas dispositis, ostio polygonali terminali sursum spectantibus; extus sublaevis; tubis brevissimis rotundis, obconicis, divaricatis, oblique dispositis.

Krustenförmige Ueberzüge auf den Stämmen der *Porites polymorpha*, bald sich ausbreitend, bald in divergirenden Ramificationen aufwärts steigend; aus kleinen röhrenförmigen Zellen gebildet, die mit dem unteren Theil horizontal mit einander verwachsen liegen, mit dem oberen Theile aber sich nach Oben wenden und mit einer sehr feinen subpolygonalen Mündung endigen. Die glatte, hierdurch feinporige Oberfläche ist mit zerstreuten, in ungleichen Intervallen

von einander abstehenden kraterförmigen Oeffnungen versehen, die sich auf den Gipfeln kleiner, etwas schräg aufsteigender, cylinderförmiger Erhöhungen befinden, deren Durchmesser 1 bis 1,5 und die Höhe kaum 1 Millim. beträgt. Die Dicke der krustenförmigen Zellenschich kömmt in den Wänden der Cyllinder mit etwa 0,4 Millim. zum Vorschein. Die Vertiefungen der kleinen Warzen sind zur Hälfte mit einer weichen körnigen Kalksubstanz von gleicher Natur wie die der Zellen ausgefüllt.

Der Habitus der Oberfläche dieser äusserst zierlichen Diastopora erinnert etwas an den der *Gemmipora asperrima M.* (*Astraeopora Blainv.*) Mich. Icon. Pl. 45. fig. 8.

Ich erhielt diese Art von den Inseln im Urmiasee, an *Porites polymorpha* emporrankend.

CELLEPORA GRACILIS v. Münster.

Tab. IX. fig. 14.

Cellepora gracilis Reuss, Foss. Polyp. des Wiener Beckens l. c. p. 93, Tab. XI. fig. 12.
» » Goldfuss l. c. I. p. 102, Tab. 36. fig. 13.

C. incrustans simplex; cellulis elongato-hexagonalibus; infra plano-convexis; margine elevato communi cinctis; apertura terminali inverse elongato-elliptica marginata.

Incrustationen, die eine bedeutende Ausdehnung gewinnen und sich mitunter überlagern. Die in geraden alternirenden Reihen befindlichen Zellen sind sechsseitig verlängert, von gemeinschaftlichem erhabenem Rande umgeben und im unteren Theile etwas tiefer eingedrückt. Die endständige quer liegende Mundöffnung ist länglich elliptisch und von einem erhabenen Rande eingefasst. Die Länge der Zellen ist 0,4, die Breite 0,3 Millim.

Auch diese Bryozoe, welche vollständig mit der *Cellepora gracilis* bei Reuss und Goldfuss übereinstimmt, kommt auf den Inseln des Urmiasee in gleicher Weise wie die vorhergehenden Arten vor.

Sie ist häufig im Leithakalk bei Wien, in Ungarn, im Sande in Mähren und in anderen Tertiairmergeln Deutschlands.

POLYTREMA SPONGIOSA d'Orb.

Tab. IX. fig. 3.

Ceriopora spongiosa Philippi, Beiträge z. Kenntn. d. nordd. Tert. T. I. fig. 22.
» » Reuss l. c. p. 33, Tab. V. fig. 8—10.
Polytrema spongiosa d'Orbigny, Prodrome palaeontologique. Tom. III. p. 151, № 2789.

P. spongiosa, irregularis, polymorpha, spongiosa, poris minimis vix conspicuis, subangulatis.

Diese von mir nur auf den Anschliffsflächen durchscheinender Kalke wahrgenommene Art lässt durch die verschiedenen Contouren ihrer kleinen Rasen auf ursprünglich unregelmässige, knollenartige oder rindenartig incrustirende Massen schliessen. Sie zeigt dem freien Auge kaum sichtbare polygonale unregelmässige Poren mit dünnen Scheidewänden. Ich fand diese Art häufig in der alabasterähnlichen durchscheinenden Kalksteinvarietät vom Urmiasee, welche

grösstentheils aus Anhäufungen von: Nulliporen, Poritinen, Bryozoen, Foraminiferen und feinen Muscheltrümmern besteht.

Die *Polytrema spongiosa* ist häufig im Leithakalk von Eisenstadt in Ungarn, wie in den norddeutschen subapenninen Mergeln.

MEMBRANIPORA FENESTRATA Eichw.

Tab. IX. fig. 17.

Membranipora fenestrata Eichw. Lethaea rossica; dern. période. p. 29, Tab. I. fig. 25.

M. fenestrata, incrustans simplex, cellulis ellipticis constipatis margine tenui cinctis, singulis interstitiis triangularibus parvis sex circumdatis.

Incrustirende Massen von bedeutender Ausdehnung mit etwas unregelmässigen, ovalen, hohlen und offenen, dicht an einander gedrängten Zellen, welche ein einfacher, geschlossener und feiner Rand umgiebt. Da die Zellen im Quincunx alignirt sind, so ist eine jede Zelle von sechs kleinen, sphärisch triangularen Interstitialräumen umringt. In Uebereinstimmung mit Eichwald erkenne ich in diesem Verhältnisse ein wesentlich unterscheidendes Merkmal dieser Art von *Membranipora philostracites* Mich. Icon. Tab. 46, fig. 12. Der Längendurchmesser der Zellen beträgt 0,4 Millim.

Gleichfalls als Incrustation auf den Stämmen der *Porites polymorpha* auf den Inseln des Urmiasee vorkommend. Andere Fundorte sind in Volhynien und Podolien.

CERIOPORA ANOMALA n. sp.

Tab. IX. fig. 2. u. fig. 16, *a. b. c. d. e.*

Ceriopora, irregularis, palmata, lobata; lobis compressis, rotundatis, utraque superficie porosis; poris subprismaticis, vel rotundatis, subcontiguis; intus stratis concentricis, poris quadrangulis an rhomboidalibus radiatim seriatis fenestrata; axi cavernoso late porrecto.

Auf den Anschliffsflächen Poritinen und Bryozoen reicher, alabasterartiger Kalksteinvarietäten vom Urmiasee treten, durch die diaphane Beschaffenheit des Minerals begünstigt, in sehr grosser Anzahl Bryozoen von sehr eigenthümlichem Bau hervor, deren Gestalt allein nach den Durchschnitten zu beurtheilen ist, welche auf der Gesteinsfläche von einzelnen Theilen dieser Körper in den verschiedensten Richtungen und Lagen zufällig zum Vorschein kommen. Der Vergleich dieser Durchschnitte lässt auf blattförmige gelappte Ausbreitungen und mehr oder minder flach gedrückte, wahrscheinlich verästelte und schaufelförmig erweiterte Zweige, als zusammen gehörige Theile eines Ganzen schliessen, welches den äusseren Habitus von *Palmipora Solanderi* zu imitiren scheint.

Die Querschnitte solcher am häufigsten vorkommenden appendicularen, blattförmigen Theile einer gelappten Bryozoenform zeigen ein systematisch gegliedertes Zellengewebe, von einem länglichen, innerhalb der Längenachse liegenden, hohlen Raume durchsetzt, den Querlamellen in eine Anzahl grosser trapezoidaler oder rhombischer Fächer zerlegen, fig. 2. Zu beiden Seiten

dieses medianen Septenapparates tritt die amorphe nicht poröse Interlamellensubstanz in ein System concentrischer durch enge Zwischenräume getrennter Schichten aus einander, welches die mediane Zellenreihe scheidenförmig umschliesst. Senkrecht auf die Letztere und an beiden Extremitäten derselben, demnach radial gestellte starke Querlamellen durchsetzen in unregelmässigen Abständen das horizontale, der Oberfläche der gelappten Ausbreitungen parallel liegende Schichtensystem und bedingen ein gitterförmiges Zellengewebe. Diese Querlamellen dringen etwas über die letzte Schicht hinaus und bilden durch solche Verlängerung kleine Protuberanzen an der Peripherie der Objekts-Durchschnitte, welche äusseren Längsrippen entsprechen könnten. An den Enden der grösseren mittleren Zellenreihe treten die concentrischen Zellenschichten und mit ihnen auch die Radiallamellen enger zusammen, welche sich bei der Fig. 2 auf den Mittelpunkt einer rundlichen Erweiterung der columellaren Endzelle beziehen.

Der grössesten Breitenanschwellung, welche in der Mitte oder jenseits der Mitte des Objekts, zuweilen auch an einer der Extremitäten derselben stattfindet, entspricht auch die partielle Vermehrung der über einander liegenden Zellenschichten, welche von 3 bis auf 6 und 7 steigen kann. Die Grössen der Zellen sind ungleich; da die Zwischenräume der horizontalen Septallamellen mit der Entfernung von der Achse der medianen Zellenreihe abnehmen, so verkleinern sich auch die Septa in demselben Sinne. Die relativen Dimensionen zwischen den Längen- und Querdurchmessern dieser lang gestreckten elliptischen Formen sind eben so verschieden, wie die absoluten Längen derselben. Bei Individuen deren Längen 1, 2 und 3 Millim. betrugen, fand ich Breiten von 0,5, 0,7 bis 1 Millim. Bei der Fig. 2, *a.* abgebildeten Form zeigen sich einige 30 Querlamellen zu beiden Seiten. Es versteht sich, dass Umrisse und innere Structur dieser Körper je nach der Stellung des Querschnittes zu der Achse sehr verschiedene Bilder darstellen müssen. In dem Verhältniss als die Schnittfläche sich zur Achse spitzwinkelig stellt, tritt die so eben angedeutete Regelmässigkeit in der Anordnung der Septen zurück; der Einfluss radialer Lamellen verschwindet allmählig, die Breite der Form überwiegt (fig. 16, *c. d.*) und das Gewebe nimmt einen Habitus an, der dem der *Polytrema spongiosa* gleichen kann, fig. 3. Einen bei Weitem unregelmässigeren Bau zeigen diejenigen Individuen, welche den lappenartigen oder rindenförmigen Ausbreitungen entsprechen, wovon fig. 16, *a. b. c.* Abbildungen geben. Der generische Charakter, der bei den in Rede stehenden Bryozoen jedenfalls in der medianen breiteren Zellenreihe und in den ringsum vorhandenen Zellenschichten begründet ist, bleibt derselbe: allein die Zellen der Mittelreihe verlieren ihre eckige Begränzung, runden sich theilweis und unregelmässig und scheinen mitunter in einander überzugehen. Die kleineren Zellen der beiden seitlichen Schichtensysteme bleiben zwar getrennt, aber der Einfluss durchsetzender radialer Scheidewände wird unbestimmt, und nur undeutlich lassen sich vereinzelte höckerige Auswüchse auf der äussersten Begränzungsschicht ursächlich mit dergleichen Querlamellen in Verbindung bringen. Auch bei diesen lappenartigen Ausbreitungen, welche eine Länge von 7 Millim. bei wenig schwankender geringer Breite von 0,5 Millim. gewinnen können, scheinen die Enden durch die seitliche Vereinigung der oberen und unteren Zellenschichten geschlossen, obschon dies bei Fig. 16, *e.* nicht nachzuweisen war. Das Ensemble von Charakteren, welches

in diesen Resultaten schwieriger Beobachtung vor die Anschauung tritt, muss die systematische Stellung dieser sonderbaren Bryozoen vor der Hand noch problematisch erscheinen lassen. Zu den Celleporiden, denen sich diese Bryozoe von Seiten ihrer Zellencharaktere am Meisten nähert, kann dieselbe nicht gestellt werden, da alle Geschlechter dieser Familie als incrustitirende, niemals frei emporragende Parasiten die Zellen immer nur auf der einen nicht angewachsenen Seite entwickeln. Eine grössere Familienähnlichkeit führt die Form den Myriozumiden von d'Orbigny zu und stellt dieselbe in die Nähe der Cerioporen und Polytremen.

Den Gattungsbegriff für *Ceriopora* gab Goldfuss, die unbestimmten Alveolitenformen Lamarks sondernd, zuerst wie folgt: «*polyparium lapideum, sessile vel affixum, e stratis cellularum plurimis concentricis invicem sese involventibus. Cellulae tubulosae vel subprismaticae, subcontiguae parallelae vel divergentes*» (Petref. germ. T. I. p. 32). Dagegen verweist d'Orbigny alle amorphen, nicht ästigen Cerioporen von Goldfuss nebst den palaeozoischen Chaetites (die vier Arten aus dem Bergkalk von Fischer ausgenommen) in das Genus Polytrema von Risso 1826 (Millepora Linné 1767). Obschon nun das Auftreten eines medianen carvenösen Septenapparates, welcher bei der problematischen Bryozoe vom Urmiasee die über einander gelagerten Zellenschichten in zwei Hälften theilt, dem Gattungsbegriff der Ceriopora bei Goldfuss fremd ist, so halte ich die Aufstellung eines neuen Genus für die in Rede stehende Form doch nicht für genügend gerechtfertigt und beschränke mich darauf, die neue Bryozoenart als Ceriopora beibehaltend, nur durch das Epithet *anomala* auf die so eben angedeuteten Abweichungen hinzuweisen.

RADIARIEN.

ECHINODERMATA.

CLYPEASTER TURRITUS Philippi.

Tab. III. fig. 2, *a. b. c. d.*

Clypeaster altus Lam. Anim. sans vertebr. p. 290.
» » Bronn, Leth. geogn. p. 903, Tab. 36. fig. 9, *a. b. c.*
» » Sismonda, Mem. della real. acad. di Tor. 1842. p. 28.
Clypeaster turritus Philippi, Palaeontographica. T. I. Lief. 6. p. 321, Tab. 38. fig. 1—5.

Cl. ovato-pentagonus, vertice turrito-conoideo; areis ambulacrorum latis, convexis, longis; margine brevi, acuto; basi concava; area verticali bene circumscripta; poris genitalibus approximatis, in peripheria areae verticalis sitis.

Der Clypeaster, welcher Tab. III. fig. *a. b. c.* abgebildet ist, gehört der vielverbreiteten, durch die Veränderlichkeit ihrer Gestalt berüchtigten Art an, welche Lamark als *Clypeaster altus* also charakterisirt: «*Clyp. vertice elato, conoideo, ambulacris longis; margine brevi, crassorotundato*».

In den Palaeontographicis von Dunker und Meyer Bd. I. 6. Lief. p. 321 zeigt Philippi den geringen Werth, welchen gerade die meisten in die Augen fallenden Eigenthümlichkeiten der Gestalt für Untersuchung der Clypeasterarten besitzen. Er macht dagegen auf die Stellung der Genitalporen, namentlich in Beziehung zu dem ersten Loch der Ambulacra, als mit dem inneren Bau des Thieres in einem bestimmten Zusammenhang stehendes und mithin für Artenunterscheidungen bei den Clypeastern brauchbareres Merkmal aufmerksam. Leider kann aber dieses Merkmal wegen mangelhafter Erhaltung des Petrefakts nur in den seltneren Fällen zur Geltung gelangen.

Bei der vergleichenden Untersuchung von eilf *Clypeaster altus Lam.* aus neogenen Schichten von Monteleone in Calabrien verband Philippi die fünf ersten Ambulacral-Löcher am Scheitel durch Linien. Bei der häufigsten Art lagen die Genitalporen nun weit ausserhalb von dieser Linie, ein Verhältniss, welches den *Clyp. altus* bei Philippi begründet; bei einer anderen Art, dem *Clyp. Scillae Phil.*, liegen die Genitalporen beinahe in der so eben angedeuteten verbindenden Linie, aber noch etwas nach Aussen, und bei einer dritten Art, *Clyp. turritus Phil.*, liegen jene Poren genau in dieser Linie, welche als solche hier wirklich vorhanden ist und einen vertieften spitz fünfeckigen Raum als besonderes Vertikalfeld (*area verticalis*) scharf begränzt. Tab. XXXIX. l. c. die Stellung der Genitalporen bei *Clyp. altus.* Tab. XL. die Stellung derselben bei *Clyp. Scillae*, fig. 1. Tab. XXXVIII, fig. 1 deren Stellung bei *Clyp. turritus.*

Die folgende Beschreibung des vorliegenden *Cl. altus* mag nun selbst bestimmen, welche Stellung demselben unter den drei von Philippi gesonderten Arten zukömmt.

Die Grundfläche ist eben, concav in der Mitte; die Mundöffnung liegt genau im Centrum und der Theil des Gehäuses, der zu der Letzteren aufsteigt, nimmt etwa den vierten Theil der Grundfläche ein. Die fünf Furchen, welche von den Mundwinkeln zu den Ambulacral-Feldern hinaufziehen, sind mässig tief und verlaufen sich am Rande. Der After liegt dem Rande um weniger als sein Durchmesser nahe.

Der äussere Umriss variirt, indem er mehr oder weniger rund oder fünfeckig ist, und selbst einspringende Buchten zwischen den Ecken zeigt. Der Rand ist ziemlich, mitunter sogar sehr scharf zu nennen. Die Höhe der gewölbten oberen Seite ist in ihrem Verhältniss zur Breite und Länge des Fossils nach dem Mittel von Messungen an drei gut erhaltenen Individuen wie 32 : 87 : 100. Die Wölbung ist flach conisch. Die Ambulacra sind stark gewölbt und so breit, dass der sie trennende Zwischenraum bis zur Hälfte seiner Länge vom Wirbel bis zum Rande gleiche Breite mit der Area zwischen den doppelten Porenreihen besitzt. Die unten um die Hälfte geschlossenen Ambulacra stehen um die Länge ihres Querdurchmessers vom Rande ab. Ein tiefer Ring, fig. 2, *d.*, umgiebt die kleinen Wärzchen, auf welchen die Stacheln standen. Mit der Oberfläche des Gehäuses in einem Niveau bleibend, sind die Wärzchen auf der Unterseite des Clypeaster grösser als auf der gewölbten Seite; auch bedecken sie in regelmässiger Reihe die Zwischenräume der die Poren eines Löcherpaares der Ambulacra verbindenden Furchen. Die Genitalporen sind sichtbar und liegen in den Ecken eines scharf begränzten pentagonalen Vertikalfeldes.

Es folgt nun aus der vorstehenden Schilderung, dass der *Clypeaster* der Tab. III. am Meisten mit dem *Cl. turritus* von Philippi übereinstimmt, wenn gleich der Veränderlichkeit der Art überhaupt gemäss, die Höhe im Verhältniss zur Breite und Länge bei dem letzteren eine etwas grössere ist.

Bei dem *Cl. turritus* aus Calabrien verhalten sich Länge, Breite und Höhe wie 100 : 89 : 48.
Bei dem der Tab. III. fig. 2, *a. b. c.* « « « « « wie 100 : 89 : 37.

Unter sechs mir vorliegenden, vergleichungsfähigen Individuen, offenbar dem *Cl. altus Lam.* angehörig, befindet sich ein durch mehr rundlich fünfeckige Form ausgezeichneter *Clypeaster*, welcher dieselbe Art zu repräsentiren scheint, die Bronn, Lethaea, 1. Auflage. T. II. p. 905, aus Korsika als Varietät des *Clyp. altus* anführt. Das Fossil ist halb kugelförmig, mit schmalem, ziemlich scharfem Rande, beinahe völlig flacher Basis; mit gleichgebildeten, strahlig convexen Zwischenfühlerfeldern wie die Ambulacra, so dass man auf den ersten Blick Beide mit einander verwechseln könnte.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch der Clypeaster, welchen Sismondi als *Clyp. crassicostatus Ag.* Tab. III. fig. 1. 2. aus dem miocenen Terrain der Hügel von Turin abbildet, mit dem so eben näher angegebenen vom Urmiasee identisch und somit gleichfalls dem *Cl. turritus Ph.* beizuzählen ist. Die Diagnose, wie sie Sismondi l. c. von seinem *Cl. altus* p. 38 giebt, begründet hauptsächlich diese Vermuthung, welche die Zeichnung Tab. III. nur mangelhaft unterstützt, da auf derselben die Genitalporen nicht angedeutet sind.

Der *Clypeaster turritus Ph.* findet sich in der Uferumgebung und auf den Inseln des Urmiasee's, sowohl im weissen krystallinischen Poritidenkalke, wie in der bereits p. 16 erwähnten kalkreichen grobkörnigen Molasse, an deren Zusammensetzung die grobsandigen Trümmer quarzführender metamorphischer Gesteine überwiegenden Antheil zu nehmen scheinen.

Andere, zumal europäische Fundorte dieser viel verbreiteten Art sind Korsika, Malta, die Provence, Deutschland, Reggio, Calabrien, Montpellier, Dax und die miocenen Hügel bei Turin.

CLYPEASTER DIVERSICOSTATUS n. sp.?

Tab. VII. fig. 1, *a. b. c.*

Cl. pentagonus, antice productus, postice retusus; vertice parum excentrico, dorso subfornicato compresso; margine crasso rotundato; basi plano-concava, postice bis obsolete sulcata; ano rotundo submarginali; ambulacris quinis; areis ambulacralibus valde prominentibus.

Der Körper dieses Clypeaster ist rundlich fünfeckig, und, mit Ausnahme des hinteren, beinahe scharfen Randes, an den übrigen Seiten dick und stark abgerundet. Die Grundfläche, in der vorderen Hälfte beinahe eben und sanft zur Mundvertiefung gesenkt, fällt vom hinteren Rande dagegen viel stärker gegen die letztere ein. — Nur zwei schwache Furchen, in der Richtung der beiden hinteren Ambulacren verlaufend, sind auf der Grundfläche sichtbar. Der After liegt nahe am Rande, doch ist seine Entfernung von diesem etwas grösser

als sein Durchmesser. Die Mundöffnung, durch Steinmasse verhüllt, scheint tief gesenkt. Die Höhe des Clypeaster verhält sich zum Längendurchmesser des Körpers wie 1 : 2,6; zum Querdurchmesser wie 1 : 2,4. Die flache Wölbung ist convex conisch, aber das Vertikalfeld liegt etwas dem hinteren Rande genähert. Die Zwischenräume, welche die sehr stark gewölbten und breiten Ambulacra trennen, sind in zwei Drittheil der Länge, vom Wirbel an gerechnet, von gleicher Breite, wie der Abstand der Porenreihen bei den einzelnen Ambulacren. Die Wärzchen, welche die Stacheln getragen haben, sind nur noch auf der Grundfläche des Fossils gut zu beobachten, Tab. VII. fig. 1, *d*. Sie erscheinen daselbst von einem tiefen Ringe umgeben, treten aber etwas über die Oberfläche des Gehäuses hervor; eine Eigenschaft, die sich schon durch das Gefühl kundgiebt und der Oberfläche ein mehr gekörntes Ansehen verleiht, als dies z. B. bei dem *Clyp. altus* der Fall ist. Von sämmtlichen Varietäten des *Cl. altus* unterscheidet sich die vorliegende Art ganz besonders durch den dicken und abgerundeten vorderen Rand, durch die schwache Excentrität und die verschiedene Natur der Stachelwarzen. Am Nächsten mit dem *Clyp. crassicostatus Ag.* verwandt, ist diese Art doch wohl nicht mit diesem zu vereinigen, da in der mehr convexen Wölbung, in dem Fehlen der fünf Furchen auf der Grundfläche, wie in der Form der Ambulacra mehr als Varietätsunterschiede sich auszudrücken scheinen.

Hr. Khanykof hat diesen Clypeaster am Hügel Jagyn-Aly auf dem Delta des Tantawi im Süden des Urmiasees zusammen mit *Pecten simplex* und mit *Haliotis Philberti* gefunden.

ECHINOLAMPAS COMPLANATUS n. sp.

Tab. IV. fig. 1, *a. b.*

Echinolampas convexo-depressus; ambitu orbiculari sublongo, ambulacris angustis, planis, concentricis, poris sulco conjunctis, basi plana.

Der beinahe kreisförmige Körper dieses Echinolampas ist in der Richtung des, After und Mund verbindenden Durchmessers etwas ausgedehnt und zwar im Verhältniss zum Querdurchmesser wie 1 : 0,93. Der wenig erhabene Scheitel befindet sich um zwei Fünftel des grossen Durchmessers vom vorderen Rande entfernt. Vier Genitalporen treten mit grosser Bestimmtheit hervor. Die Ambulacra sind lang und beinahe völlig geöffnet. In gleicher Entfernung vom Scheitelpunkte ist ihre Breite nicht immer völlig dieselbe. Die vier seitlichen Ambulacra sind etwas gegen den Scheitel gebogen. Die Fühlergänge, nur in denselben Ambulacra von nahe gleicher Breite, schwanken in dieser Beziehung bedeutender in den verschiedenen Ambulacra. Die Zwischenfelder innerhalb ihrer halben Länge gemessen sind ungleich. Die hintersten Felder sind die breitesten; die vorderen die schmäleren. Nahe an dem Scheitel stimmen die Interambulacralbreiten beinahe völlig überein. Die untere Scheibe ist, soweit bei dem vorliegenden, durch partielle Anwachsung unterhalb entstellten Exemplar eine Beurtheilung möglich, beinahe eben, in der Mitte schwach convex; Lage und Form des Afters nicht zu beurtheilen. Die Stachelwarzen sind klein und im Allgemeinen sehr einander genähert; diejenigen welche die untere Scheibe bedecken sind die grössesten. Das Verhältniss zwischen Länge, Breite

Höhe ist bei diesem Echinolampas wie 1 : 0,93 : 0,33. Die bekannten Formen, welchen derselbe am Nächsten tritt, sind: *Echinolampas ovalis* Desmoulins, *Etudes sur les Echinides* p. 342, 1837 und *Ech. discoideus d'Arch. Descript. des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde*, p. 209, Taf. XIV. fig. 3, *a. b.*, *d'Arch.* et *Hist. du progrès de la géologie*, T. III. p. 249. Von *Ech. ovalis* unterscheidet sich die Art durch die mehr dem Zirkel genäherte Form und den Mangel an Ambulacren; von *Ech. discoideus* dagegen durch eine im Allgemeinen mehr discoide Form und einen schärferen Rand. Allerdings wäre es möglich, dass bei einem Vergleiche mit anderen völlig unentstellten Exemplaren diese Unterschiede wegfallen könnten; der nur zögernd von mir als neue Art aufgestellte *Cl. complanatus* würde alsdann mit dem *Cl. discoideus d'Arch.* aus der Kette von Hala (Sinde) in eine und dieselbe Art zusammenfallen.

Ich erhielt den *Cl. complanatus*, in demselben Gestein wie den Vorhergehenden eingeschlossen, von der Insel Koujundaghi im Urmiasee. Das abgebildete, ursprünglich durch seitliche Verdrückung von der linken zur rechten Seite hinüber etwas entstellte Exemplar erhielt fig. 1, *b.* durch Versehen des Zeichners eine falsche Stellung, welche eine Drehung des Discus von 145° von Rechts nach Links um seine Achse ausgleichen würde.

ECHINOLAMPAS PYRAMIDALIS n. sp.

Tab. IV. fig. 2, *a. b. c.*

E. testa haemispherico-conoidea, ambitu acuto orbiculari, obsolete pentagono, basi concava, areis ambulacrorum angustis planis, ano infra marginali transversali producto.

Etwas oval, fast fünfeckig, erhebt sich diese Art stumpf kegelförmig, mit stark erhabenem Rücken, auf schwach concaver Basis, mit abgerundetem Rande und stark hervortretender Randstelle, an welcher der After auf der unteren Seite liegt. Der Rücken nimmt nach hinten zu eine flache und breite Form an. Die Ambulacra sind schmal, flach aber nicht vertieft. Die Fühlergänge dagegen vertiefen sich schwach. Die Zwischenfelder erheben sich etwas über die Fläche, besonders unterhalb des Scheitels. Eine einfache kurze Falte läuft von jeder Ecke des quer vorliegenden Mundes aus. Der ovale After liegt in der Quere auf der unteren Seite dicht am Rande. Die Stachelwarzen sind auf dem Rücken etwas klein und stehen daselbst gedrängter als auf der Basalfläche.

Unter den bekannten Arten hat dieser Echinolampas grosse Aehnlichkeit mit *Clypeaster Kleinii Goldf.* oder *Echinolampas Kleinii Ag. Goldf.* Petref. I. p. 133, T. 42, fig. 5. Er unterscheidet sich von diesem hauptsächlich durch eine weniger flache Kegelgestalt, durch flache Ambulacra und etwas convexe Zwischenfelder, so wie durch die nur mit einfachen Falten versehene Mundvertiefung. Da unter vergleichungsfähigen Individuen die Genitalöffnungen nicht sichtbar waren, so konnten der, ohnerachtet dieser Verschiedenheiten doch noch fraglichen Selbstständigkeit der Art von dieser Seite keine unterstützende Gründe zugeführt werden.

Vorkommen dieses *Echinolampas pyramidalis:* in dem weissen krystallinischen Bryozoenkalke der Enge von Karaditsch, westlich von Erzerum.

*

SCHIZASTER GENEI Sism.

Tab. VII. fig. 2, *a. b.*

Schizaster Genei Sism. Monogr. degli echin.: Mem. dell ac. d. Torino. T. IV. p. 23, Tab. I. fig. 4, 5.

Schizaster subhemisphaerico compressus, postice arcuatim obtruncatus, ambitu orbiculari cordato, margine valde acuto; basi plano-convexa; ambulacris quinis anteriori sulco profundo et praelongo impresso; canali antico angustiori dimidioque breviori; ore labiato.

Die bedeutende Länge und ursprünglich nicht minder beträchtliche Tiefe der Vorderfurche stellen, auch ohnerachtet des verdrückten Zustandes des vorliegenden Individuums, das Genus Schizaster in demselben ausser Zweifel. Der Längen- und Querdurchmesser dieser flachen Art unterscheiden sich nur sehr wenig. Der scharfe Rand des Fossils verdickt sich nach der hinteren Region zu, welche dadnrch bedeutend anschwillt und die Afteröffnung dicht unter dem hinteren, zum mässigen Höcker emporsteigenden Rückentheile zeigt. Der Scheitel befindet sich der hinteren Seite bis auf ein Drittheil des Längendurchmessers des Gehäuses genähert. Einige schwache, noch sichtbar gebliebene Andeutungen der Ambulacren zeigen, dass die vorderen und hinteren paarigen eine der Längenachse des Fossils stark zugeneigte Stellung besassen und nahe von gleicher Länge waren. Das vordere breite Ambulacrum erstreckt sich ganz evident, vom Scheitelpunkte tief einschneidend, über den vorderen Rand bis zur Mundöffnung und bedingte so die ursprüngliche annähernd herzförmige Gestalt der Schaale. Die basale Fläche zeigt eine von der Mundöffnung beginnende longitudinale Anschwellung bis zum hinteren Rande und lässt in ihrer ganzen Ausdehnung die deutlichen Spuren warzenförmiger Bekleidung der ursprünglichen Schaalenoberfläche erkennen. Die transversal liegende, um ein Drittel des Längendurchmessers vom vorderen Rande abstehende, ovale Mundöffnung steht mit der Furche, in welcher das vordere Ambulacrum hinabzieht, in einer, ohnerachtet der ausfüllenden Steinmasse, deutlich wahrzunehmenden Verbindung. Die Verhältnisse zwischen Längen-Querdurchmesser und Höhe des Fossils sind = 1 : 0,92 : 0,37. Die Uebereinstimmung der in dem Vorstehenden angedeuteten Charaktere mit denen, welche Sismondi l. c. p. 23 vom *Schizaster Genei* giebt, der in den erhärteten Thonen des Hügels von Turin, in den Umgebungen von Peceto vorkömmt, ist so befriedigend, dass die Identität beider Arten kaum einem Zweifel unterliegen kann. — Der Fundort des *S. Genei* auf dem Hochthale Kurbittü, ohnweit Karakilissa, ist p. 17 bereits erwähnt worden.

MOLLUSKEN.

A. MOLLUSCA ACEPHALA.

PECTEN SCABRIUSCULUS Matheron.

Tab. I. fig. 1, *a. b. c. d.*

Pecten scabriusculus Matheron, Cat. méth. et descript. des corps organisés foss. du dép. des Bouches du Rhône, p. 187, Tab. 30. fig. 8. 9.

Pecten testa subaequivalvi orbiculari, convexo-plana, costis 18 circiter superne convexis,

inferne planiusculis, sulcis conformibus, quater radiatim lineatis singulis subtilissimis squamulis praeditis; auriculis aequalibus.

Schaale fast kreisförmig mit einem stumpfwinkeligen Wirbel, mit 18 hohen, anfangs fast glatten, dann 4fach gestreiften und mit feinen Schuppen besetzten Radien, welche durch breite, gleichfalls mit Schuppen tragenden Linien besetzte Zwischenräume getrennt sind; mit breiten, symmetrischen, ebenfalls schuppig strahligen Ohren. Die feinen Schuppen sind nach concentrischen, etwas undulirenden Linien über die Schaale vertheilt und geben der Oberfläche der Muschel ein zierlich granulirtes Ansehen. Die Radien verflachen sich mitunter gegen den Rand so bedeutend, dass die Stirn nur eine schwach undulirende Linie bildet, wo dann die Muschel der Fig. 7 abgebildeten Art sehr ähnlich wird.

Der hier beschriebene Pecten nähert sich in den wesentlichsten Zügen seiner Form eben so sehr dem *P. spinulosus Goldf.* von Gainfahren bei Wien, wie dem *P. Haveri* von Michelotti, Descript. des foss. des terr. miocenes, Tab. III. fig. 13. Der Vergleich der Fig. 1. Tab. I. mit Fig. 9, *a. b.* derselben Tafel, welche den erstgenannten Pecten darstellt, zeigt, dass der wesentliche Unterschied zwischen beiden Formen in der That nur darin besteht, dass bei dem *P. spinulosus* an die Stelle der die andere Art charakterisirenden feinen Schuppen, kurze Stacheln treten. Eben so liegt in den Schuppen tragenden Linien auch der hauptsächlich unterscheidende Charakter von *P. Haveri;* denn bei dieser Art sind die Radien mit dreifachen Reihen von Wärzchen besetzt. Der Pecten der Fig. 1 ist von mir in der Enge von Kardaritsch, ohnweit Aschkala auf der Hochebene von Erzerum mit dem vorher beschriebenen *Echinolampas pyramidalis* gefunden worden.

Dem Interesse, welches Hr. Dr. Ewald in Berlin an meinen Nachforschungen über anderweitige Fundorte des so eben besprochenen Pecten genommen hat, verdanke ich die Zusendung einiger von ihm gesammelten Petrefakten aus dem südlichen Frankreich. Durch diese Fossilien bin ich in den Stand gesetzt worden die vollkommene, bis in das kleinste gehende Uebereinstimmung des Pecten aus Kleinasien mit dem *P. scabriusculus* zu erkennen, den Matheron in der Oben erwähnten Schrift p. 187 beschreibt, aber mangelhaft abbildet, und der im miocenen *Calcaire moëllon* bei St.-Paul trois châteaux im Departement *de la Drôme* häufig ist.

Nach einem von dort erhaltenen gut ausgebildeten Exemplare zu urtheilen würde die einzige Varietätsverschiedenheit zwischen der französischen und kleinasiatischen Art darin bestehen, dass die Letztere zwei Rippen weniger hat und dass die, kleinen zugespitzten Wärzchen gleichenden Verzierungen, welche in 4 bis 5 gedoppelten Reihen Rippen und Zwischenräume bei der französischen Art gleichmässig bedecken, sich bei der anderen als feine schuppenartige Anschwellungen (Tab. I. fig. 1, *d.*) im gemeinsamen Verbande feiner concentrischer Linien gestalten.

PECTEN PLANO-COSTATUS n. sp.

Tab. I. fig. 7.

P. testa suborbiculari, plano convexa; subtilissime concentrice lineata; costis 16—18 latis depressis; versus limbum planiusculis; sulcis latioribus planis; auriculis inaequalibus.

Die Schaale dieser, auf keine bekannte zurückzuführenden Art ist fast kreisförmig, gegen den Wirbel stumpfwinkelig, flach gewölbt, mit 16—18 flach abgerundeten, gleichförmigen Rippen, die nach dem Rande zu beinahe völlig verflachen. Die Furchen sind von gleicher Breite und flach. Die Schaale ist von sehr feinen concentrischen Linien bedeckt. Die allgemeinen Formenverhältnisse führen diesen Pecten in eine sehr genaue Parallele mit dem Vorhergehenden, wie mit den *P. spinulosus* und *Haveri*.

Ob *Pecten solarium Lam.*, den Goldfuss Tab. 96, fig. 7 abbildet, mit dieser Art identisch ist, wage ich nicht zu entscheiden. Aus dem Wiener Becken finde ich von Enzesfeld einen 6 Zoll grossen Pecten, der mit dem so eben beschriebenen allerdings grosse Aehnlichkeit besitzt, und der Diagnose Lamarks zu Folge T. VII. p. 151 *P. solarium* sein sollte. — Indessen sind die genauen Beschreibungen und Bestimmungen der Acephalen des Wiener Beckens noch zu erwarten, bevor die vorliegende Art mit Sicherheit mit einer der dort vorkommenden zu identificiren ist.

Der *P. plano costatus* ist von mir mit dem *P. scabriusculus* zusammen bei Kardaritsch auf der Hochebene von Erzerum gefunden worden.

PECTEN CONVEXO-COSTATUS n. sp.

Tab. I, fig. 4. *b. c.*

P. testa orbiculari inaequivalvi, concentrice striata, valva dextra valde convexa, costis 20—22 ad hemisphaerium convexis; sulcis dimidio angustioribus; valva sinistra subplana; costis compressiusculis; auriculis subaequalibus striatis.

Die Schaale dieser Art ist beinahe kreisrund; Länge und Breite gewöhnlich gleich, sonst sehr wandelbar in ihrer Form. Die untere bisweilen sehr hoch und regelmässig gerundete Schaale zeigt einen übergebogenen Wirbel; ihre 20 bis 22 Rippen sind hoch gewölbt und die im Grunde flachen Zwischenfurchen etwas mehr als halb so breit. Bei gut erhaltenen Schaalen sieht man sehr regelmässige und dichte concentrische Linien über Rippen und Zwischenfurchen verlaufen, die besonders auf dem Grunde der letzteren scharf marquirt sind. Die fast gleichförmigen Ohren zeigen die deutliche Fortsetzung der concentrischen Streifung. Die gewöhnliche Länge der Muschel ist 40—50 Millim. Die obere Schaale (nicht fig. 4, *a.*) zeigt auf der inneren Fläche eine den Rippen der unteren Fläche entsprechende Anzahl von flachen und breiten kantigen, in der Mitte etwas eingesenkten Rippen, mit tiefen, etwas schmäleren Zwischenfurchen. Die Muschel habe ich aus dem dichten Foraminiferen reichen Kalkstein am West- und Ostufer des Urmiasees erhalten und von Aschkala bei Erzerum aus ähnlichem Kalkstein mitgebracht.

Dieser Pecten, welcher von Seiten seiner stark convexen unteren und seiner flachen oberen Schaale in die Verwandtschaft des *Pecten Jacobeus* gehört, zeigt eine unverkennbare Aehnlichkeit mit einem *P.*, der im Wiener Becken häufig ist und in den Sammlungen von dort übereinstimmend als *P. flabelliformis Brocchi* bezeichnet wird, jedenfalls aber eine grosse Wandelbarkeit in der Form zu besitzten scheint. Zur Veranschaulichung dieser Aehnlichkeit ist in Fig. 6, *a. b.*

ein derartiger Pecten in seinen natürlichen Grössenverhältnissen abgebildet, der in hiesiger akademischer Sammlung, durch die Etiquette der geologischen Reichsanstalt als *P. flabelliformis Brocchi* von Enzesfeld bei Wien verbürgt ist. Die einzigen Unterschiede zwischen dieser Form und dem *P. convexo-costatus* vom Urmia bestehen in der geringeren Anzahl von Falten und in der schwächeren Wölbung der unteren Schaale bei dem *P. flabelliformis*. Indessen zeigen die Exemplare des Pecten vom Urmiasee ähnliche Abweichungen im gleichen Sinne unter sich. Diagnose und Abbildungen vom *P. flabelliformis Brocchi*, wie sie Lamark T. VII. p. 161; Goldfuss T. II. p. 66, Tab. XCVI. fig. 8. (*Pecten flabelliformis Defr.*) und Deshayes, *Exped. de Morée, Moll.* pl. 20. fig. 1. 2. p. 119 übereinstimmend geben, können aber eben so wenig auf den *P. convexo-costatus*, wie auf den *P. flabelliformis* von Enzesfeld bezogen werden. Bei Weitem grösser ist die Annäherung beider an den *P. solarium* Lamark Tom. VII. p. 155 nnd Goldfuss p. 65, Tab. XCVI. fig. 7. Unter solchen Umständen schien es mir rathsamer den Pecten vom Urmiasee vorerst noch als eine besondere Art zu betrachten, bis die Acephalen des Wiener Beckens von Hörnes bearbeitet und die dort vorkommenden Arten genau gesondert und definirt sein werden.

PECTEN BENEDICTUS Lamark.

Tab. I. fig. 3, *a. b. c. d.* fig. 4, *a.* fig. 5, *a. b.* u. fig. 8.

Pecten benedictus Lam. VII. p. 157.

« « Matheron, Catalogue methodique et descriptif, p. 187.

Pecten Tournalii Marcel de Serres, Géognosie des terrains tertiaires du midi de la France, 1829, p. 263, Tab. 6. fig. 1.

P. testa semicirculari, ad hemisphaerium convexa; valva inferiori, umbone valde incurvo; 16—20 costis aequalibus, glabris, confertis, dorsatis, sulcisque dimidio angustioribus; lineis concentricis interdum in costularum dorso obsoletis; valva superiori subplana, sub umbonem paullulum concava; auriculis aequalibus subsinuatis.

Schaale in der Regel halbkreisförmig, mit einer die Breite etwas übertreffenden Länge; im extremen Falle die Gestalt selbst quer oval. Die untere oder linke Schaale ist bisweilen halbkugelig gewölbt, mit stark übergebogenem spitzwinkeligem Buckel. Auf der Oberfläche 16—20 hohe, oben schwach gerundete, breite und glatte Rippen; bisweilen scharfkantig; durch halb so breite, tiefe, auf dem Grunde ausgehöhlte Zwischenräume von einander getrennt. Die ovale obere oder rechte, mitunter vollkommen runde Schaale ist etwas schüsselförmig vertieft, besonders unterhalb des Buckels. Schmale, etwas abgerundete, und erst nach dem Rande zu breiter werdende Rippen auf derselben, entsprechen den engen Furchen der unteren Schaale; sie werden von, wenigstens noch einmal so breiten flachen Zwischenräumen getrennt, die den breiten Rippen der unteren Schaale gegenüber stehen, Tab. I. fig. 3, *a. b.*. Bei gut erhaltenen Schaalen sieht man auch über Rippen und Zwischenfurchen feine concentrische Linien verlaufen. In mehreren französischen Sammlungen, wie in einigen Catalogen, so auch in dem *Catalogue méthodique et descriptif* von Matheron findet sich unter dem Namen von *P. benedictus*

Lam. eine Art, die aus dem miocenen Calcaire moëllon des südlichen Frankreich stammt, welche mit dem so eben beschriebenen Pecten eine grosse Aehnlichkeit besitzt. Dasselbe gilt von der Art, welche Marcel de Serres in seiner *Géognosie des terrains tertiaires du midi de la France* als *P. Tournalii* aufgestellt hat. Der Erhalt eines schönen Exemplars jenes theils als *P. benedictus*, theils als *P. Tournalii* aufgefassten Petrefactes aus Süd-Frankreich durch Hrn. Dr. Ewald hat mich in den Stand gesetzt, die absolut zu nennende Uebereinstimmung des vorhin beschriebenen Pecten mit der französischen Art zu erkennen. Die Uebertragung der Benennung *P. benedictus Lam.* auf jenen Pecten ist somit wissenschaftliche Nothwendigkeit, so wenig auch zu läugnen ist, dass die laconische, der Anwendung einen weiten Spielraum lassende Kürze der Lamarkschen Diagnose dieser Art, es sehr erschwert darüber gewiss zu werden, was Lamark eigentlich unter *P. benedictus* verstanden haben will, der, wie bekannt, noch lebend im rothen Meere vorkommen soll. Lam. l. c.

Sehr bemerkenswerth ist es, als Beleg für die Grösse der Ausdehnung der Verbreitung und Gruppirung gleicher ächt miocener Arten von West nach Ost, dass *P. scabriusculus* und *P. benedictus* des Calcaire moëllon von Süd-Frankreich sich bis nach Klein-Asien und Persien erstrecken. Der *P. benedictus* kömmt unter den Versteinerungen im Foraminiferenkalke der Urmiasee-Umgebung mit numerischem Uebergewicht, namentlich im Felsen von Guverjin-Kala, auf der Halbinsel Schahi und den Inseln vor. Auch habe ich das Fossil aus dem Thale des Imangulitschai zwischen Maku und Karakilissa auf dem Wege nach Khoi aus dunkelgrauen kalkigen Mergeln mit *P. Burdigalensis* zusammen mitgebracht; eben so aus dem Kalke der Felsengrotte des Schlosses von Maku.

PECTEN BURDIGALENSIS Lamark.

Pecten Burdigalensis Lam. T. VII. p. 157.
» » Goldf. Petref. p. 66 u. 80. pl. 96. fig. 9.

Pecten testa suborbiculari, latissima, utrinque convexa et radiata, radiis 12 ad 14 convexis, versus limbum plano-evanidis.

Dieser fast kreisförmige ungleichklappige Pecten hat zwei convexe Schaalen mit 14 bis 16 flachen und breiten Rippen. Auf der unteren Schaale, der convexeren, sind die Rippen noch einmal so breit als die Zwischenräume; auf der oberen, etwas weniger convexen Schaale sind die schwach begränzten Rippen schmäler, die fast noch einmal so breiten Zwischenräume sehr flach. Der Wirbel bildet einen stumpfen Winkel. Aus gelbem kalkreichen Sandstein von Aschkala bei Erzerum mit *P. scabriusculus* zusammen; im Imangulithale mit der vorhergegangenen Art.

Die Pectines von den ebengenannten Fundorten weichen in mehrfachen Beziehungen von der Diagnose und der Abbildung ab, welche Goldfuss von *P. Burdigalensis* l. c. giebt und stimmen eben so wenig mit so benannten Pectines in den Sammlungen von Dax. Dagegen entsprechen sie vollständig der Diagnose, die Lamark von *P. Burdigalensis* aufstellt und sind so übereinstimmend mit den Pecten dieses Namens aus der Molasse von Längenberg im Canton

Bern, dass die Exemplare vom Imangulitschai bei völlig gleichfarbiger und sehr verwandter Felsart kaum von denen aus der Schweiz zu unterscheiden sind.

PECTEN MAXIMUS Linn.

Tab. IV. fig. 3.

Ostrea maxima Brocchi, Conch. foss. subap. p. 572, № 16.
Pecten maximus Forbes and Hanl. Hist. of Brit. Moll. Vol. II. p. 296, pl. 49. 1849.
» » Sismondi, Syn. Meth. Ped. foss. p. 13. 1847.
» *complanatus* Nyst. Coq. foss. de Belg. p. 285, pl. 22 bis fig. 1, *b. b'*.
» *medius* Phil. Enum. Moll. Sic. Vol. II. p. 59.
» *grandis* Sowerby, Min. Conch. t. 585.
» » Nyst. Coq. Foss. de Belg. p. 284, pl. 21. fig. 6, *a. b.* u. pl. 22. fig. 1, *a. b.*
» *maximus*, Monogr. of the Crag. Mollusca by Searles V. Wood. part II. p. 22, pl. IV. fig. 1. in den Palaeontographicis. London 1850.

P. testa inaequivalvi, suborbiculari; valva dextra vel inferiori convexa; superiori planulata; radiis magnis 13—14 rotundatis, marginibus late crenulatis; auriculis subaequalibus.

Schaale ungleichklappig halbkreisförmig, die untere oder rechte Schaale convex, mit 13 bis 14 breiten und etwas abgerundeten Rippen und stark ausgezacktem Rande. Länge 103, Höhe 86 Millim. — Dieser Pecten kömmt mit dem *P. convexo-costatus* und dem *P. benedictus* zusammen im Foraminiferenkalke der Urmiasee-Umgebung vor. Das einzige Exemplar, welches ich von dort besitze, besteht nur aus einem Abdruck der unteren Schaale; allein das Stück zeigt die Hauptzüge der Oben gegebenen Diagnose so deutlich, dass kaum an der Identität desselben mit *P. maximus Linn.* gezweifelt werden kann.

Der *P. maximus*, durch die Veränderlichkeit seiner äusseren Ornamentirung ausgezeichnet, wird von den Autoren der *Hist. of british moll.* mit dem lebenden *P. grandis*, der von der norwegischen Küste an bis Gibraltar vorkömmt, für ein und dieselbe Species betrachtet; während Nyst den *P. grandis* für eine Varietät des *P. Jacobaeus* hält. Bei dem letzteren sind aber die Rippen im Verhältniss zu den Zwischenfurchen immer breiter und eckiger, während dieselben sowohl bei *P. maximus* wie bei *P. grandis* immer mehr oder weniger abgerundet und ohne die schneidenden Kanten erscheinen, welche den *P. Jacobaeus* des Mittelmeeres charakterisiren.

Der *P. grandis* kömmt in den Schichten des System *Campinien* von Dumont in Belgien und im Crag von England vor.

PECTEN FLABELLIFORMIS Brocc.

Tab. VII. fig. 6.

Ostrea flabelliformis Brocchi, Conch. foss. subap. T. II. p. 580.
Pecten flabelliformis Goldf. Petref. Germ. II. p. 65, Tab. 96, fig. 8.

Pecten testa orbiculari inaequivalvi; valva superiore plana, costis valde depressis, sulcis

linea elevata vix conspicua dimidiatis; auriculis subaequalibus tenerrime striatis; angulo apiciali obtuso.

Das Bruchstück einer oberen Schaale, deutlich genug um die Art ausser Zweifel zu stellen, deutet auf eine kreisrunde Gestalt. Die Art ist völlig flach und lässt bei sehr abgeriebener Beschaffenheit ihrer Oberfläche das Vorhandensein sehr flacher Rippen und gleich breiter, unmerklich vertiefter Zwischenfurchen deutlich, die für die Art bezeichnenden linienförmigen Zwischenrippen aber nur undeutlich erkennen; auch bleibt die Anzahl der Rippen unbestimmbar. Nur auf den, Ungleichförmigkeit verrathenden Ohrenbruchstücken sind schwache, aber deutliche Spuren von concentrischer Streifung sichtbar, welche in Folge des beobachteten Grundsatzes, nur solche Merkmale in die Zeichnung aufzunehmen, die dem unbewaffneten Auge sichtbar sind, auf der Abbildung nicht wahrgenommen werden. Bei der unvollkommenen Beschaffenheit des Objektes, welches die Gegenwart der Art begründen soll, würde ich die Angabe der Letzteren zurückgehalten haben, wenn nicht mehrfache, festem Gesteine anhaftende Fragmente beider Schaalen eines Pecten vorlägen, welche die in der Abbildung fehlenden Charaktere befriedigend ergänzen.

Der *P. flabelliformis* fand sich in den Clypeasterkalken von den Inseln und aus der Umgebung des Urmiasee's.

Anderweitiges Vorkommen desselben: im Piacentinischen im Valle di Adona, und bei Ortenburg. Bei Gainfahren, Enzesfeld, Steinabrunn und Neudorf im Wiener Becken (Erläuter. zur geognost. Karte des Wiener Beckens von Czjżek, Verzeichn. p. 28), so wie in den blauen Mergeln bei Bordeaux (Marcel de Serres, Géognosie des terr. tert. p. 132).

PECTEN SIMPLEX Mich.

Tab. VIII. fig. 3.

Pecten simplex Michelotti, Foss. des terr. miocènes de l'Italie sept. p. 36, Tab. III. fig. 4.

P. testa orbiculari inaequivalvi aequilatera, auriculis subaequalibus, radiis convexis, versus mraginem paullulum planulatis; superficie laevigata.

Der Pecten ist kreisrund, ungleich klappig und besitzt eine völlig glatte Oberfläche. Von den acht, mehr oder minder gewölbten Rippen, welche auf der vorliegenden unteren Schaale deutlich zu erkennen sind, zeigen sich die vier mittleren als die grössesten und mit den sie trennenden, etwas schmäleren Furchen unter sich nahe von gleicher Grösse und Breite; die zunächst folgenden sind etwas kleiner; mit der nur sehr schwachen siebenten und achten Rippe beginnt sogleich die Verflachung der schwach gewölbten Muschel. Die Abbildung Fig. 3 auf Tab. VII., welche nicht zu den gelungeneren zu zählen ist, lässt diese Verhältnisse weniger deutlich wahrnehmen als das Original, welches auf die Beschreibung und Abbildung vollkommen passt, die Michelotti l. c. und in den Brach. ed. Aceph. p. 10, № 15 gegeben hat.

Im Kalksteine vom Delta des Djagatai und Tantawi im Süden des Urmiasee's. Andere Fundorte der Hügel von Turin in der Vigna di Selopis.

SPONDYLUS BIFRONS Münster.

Tab. I. fig. 2, *a. b.*

Spondylus bifrons Goldf. Petr. T. II. p. 99, Tab. CVI. fig. 10.

Spondylus testa oblique ovata, convexa, concentrice striata; umbonibus prominentibus; valva dextra apice affixa, costis latis obsoletis majoribus 11—12 spinosis; sinistra costulis numerosis convexis inaequalibus, hinc inde spinosis, spinis depressis latis.

In Verbindung mit den vorhergegangenen Pecten-Arten kommt in dem Kalkstein vom Urmia ein Spondylus vor, von dem ich nur ein Exemplar besitze, dessen untere Schaale grösstentheils von dem Gestein umschlossen ist und dessen obere Schaale allein frei hervorragt. Unter allen bisher beschriebenen und durch Abbildung bekannt gewordenen Spondylen findet sich keiner, der mit dem vom Urmiasee eine grössere Aehnlichkeit besitzt, als der *Spondylus bifrons* von Münster, den Goldfuss T. II. p. 99, Tab. CVI. fig. 10. folgendermassen beschreibt und abbildet.

Muschel schief oval, beide Schaalen gewölbt, gerippt stachelig und fein concentrisch gestreift. Die obere Schaale hat zahlreich gerundete kleine Rippen, welche bald breiter, bald schmäler sind als ihre Zwischenrinnen. Hier und da sind einige höher und breiter, andere nur schmale Linien. Auf den grösseren stehen einige wenige unregelmässig zerstreute Stacheln in senkrechter Richtung. Die untere Schaale zeigt auf der Spitze des Wirbels eine kleine Ansatzstelle und hat breite Rippen, die so verflacht sind, dass sie kaum bemerklich bleiben.

Ein aufmerksamer Vergleich zeigt, dass die Angaben der Goldf. Diagnose befriedigend auf die obere frei stehende Schaale des Spondylus vom Urmiasee passen. Die feine concentrische Streifung, welche auf der Abbildung Tab. I. fig. 2. bei mir nicht angegeben worden, ist auf dem Handstück mit der Loupe wohl erkennbar. Die Disposition der zahlreichen kleinen gerundeten Rippen ist wie bei *Sp. bifrons;* wie dort stehen auch hier nur auf den in ungleichmässigen Intervallen von einander geschiedenen, höheren und breiteren Rippen einige unregelmässig zerstreute Stacheln, von welchen die basalen Enden besonders gegen den unteren Rand der Muschel sehr gut zu erkennen sind, wo einige Stacheln, noch aufrecht der Steinmasse eingewachsen, wahrzunehmen sind. Das Handstück der Fig. 2., in eine der Fig. 10, *c.* bei Goldfuss l. c. entsprechende Stellung gebracht, zeigt beide vereinigte Schaalen völlig mit der Goldf. Zeichnung übereinstimmend; auch erkennt man noch deutlich die Ansätze und Reste einiger der breiten und niedergedrückten Stacheln, womit die untere Schaale Fig. 10, *b.* bei Goldfuss in unregelmässigen Abständen bedeckt tst. — Nach Bronn, Enumerator. p. 257, reicht die Verbreitungssphäre des *Spond. bifrons* vom unteren bis zum oberen Tertiair.

D'Orbigny, *Prodrome de Palaeontologie*, Tom. II. p. 326, stellt den *Spondylus bifrons* dagegen ausschliesslich in seine 24. Etage des *Terrain suessonien* (Nummulitenkalk), indem er die von Goldfus beschriebene Art mit den beiden von d'Archiac aufgestellten Arten *Spondylus dubius* und *Sp. Nystii* aus jenem Terrain identificirt. d'Orb. *Prodr. de palaeont. stratigr.* Tom. II. 326. Indessen sieht man nicht wohl ein, wie die von diesen Arten gegebenen Diagnosen *Mém.*

de la soc. géol. 2ème sér. T. II. p. 213, Pl. 9. fig. 1. u. 3 nebst den sehr unvollkommenen Abbildungen zu jener Annahme berechtigen können.

B. OSTREA Gen.

In der Sammlung von Fossilien, die dem gelblichen Foraminiferen reichen Kalkstein der Urmiasee-Umgebung eigenthümlich sind, so wie unter denen, welche ich von Aschkala auf der Hochebene von Erzerum und von Maku mitgebracht habe, befindet sich eine grosse Anzahl von Ostreen, welche grösstentheils stark gefalteten Arten angehören, die ansehnliche, selbst aussergewöhnliche Dimensionen besitzen und sich durch besondere Dicke der Schaalen auszeichnen. Da die Exemplare, welche zum kleineren Theil aus dem festen Gesteine gebrochen, zum grösseren Theil aber im isolirten Zustande gesammelt wurden, sehr verschiedene Grade der Erhalhaltung besitzen, so ist eine specifische Sonderung und Bestimmung dieser Ostreen allerdings mit Schwierigkeiten verbunden. Diese Schwierigkeiten werden noch dadurch vermehrt, dass diese sämmtlich ein und demselben Grundtypus angehörenden Formen eine grosse Aehnlichkeit in ihren Charakteren besitzen, wodurch ein allmähliger Uebergang aus einer Form in die andere vermittelt wird. Die bekannten Arten, auf welche sich einzelne Individuen der gefalteten Ostreen vom Urmiasee einigermassen befriedigend zurückführen lassen, sind: *Ostrea Virletti Desh.*, *O. excavata Desh.* und *O. undata Lam.*, welche letzteren von Bronn und Anderen als ein und dieselbe Species betrachtet werden. Indess wird doch die specielle Diagnose keiner einzigen der Formen vom Urmiasee vollständig mit einer der genannten Arten übereinstimmen, während sie mehr oder minder die Charaktere derselben in sich vereinigen muss.

Ich ziehe es unter diesen Umständen vor, die Prototypen der beiden Gruppen, denen sich die Ostreenformen vom Urmiasee meiner Ansicht nach unterordnen, nicht unter einem neuen Namen zu beschreiben, sondern sie als Varietäten der bekannten Arten aufzufassen, mit welchen sie die grösste Aehnlichkeit haben.

ORSREA VIRLETTI Deshayes.

Tab. III. fig. 1. 2. Tab. V. fig. 1. 2.

Ostrea Virletti Desh. Expedition de Morée. Tom. III. p. 123, Tab. 21. fig. 1. 2.
Ostrea Hyotis? Brocchi, Conch. subap. II. p. 563.

O. testa ovato-orbiculata, aliquantisper oblonga, crassa, valvis profunde plicatis; plicis radiantibus magnis, convexis, imbricato squamosis; cardine brevi, trigono, fossula vix excavata; margine obsolete plicato; impressione musculari semirotunda in utraque valvula in media longitudine sita.

Schaale länglich oval; die untere Schaale ist schwach concav und äusserlich mit einer unbestimmten Anzahl von hervorspringenden und abgerundeten Falten bedeckt, auf welchen die Anwachslamellen hier und dort knotenförmige Anschwellungen bedingen, Tab. III. fig. 1. 2. Mitunter stellen sich zwischen den grösseren Falten auch noch kleinere ein, was an *Ostrea*

palliata Goldf. erinnern könnte. Die obere Schaale ist platter und hat weniger hohe, aber breite Falten, die den Rand auf gleiche Weise ausbuchten, wie bei der unteren Schaale, Tab. V. fig. 1, *a.* u. fig. 3. Die flache, von ebenen, nur wenig hervorspringenden Wülsten eingefasste Ligamentgrube ist als stumpfwinkeliges schiefes Dreieck dem stets stumpfwinkeligen und sehr wenig ausserhalb hervortretenden Wirbel eingedrückt. In der oberen Schaale ist die ganze flache Furche eben so von zwei dreiseitigen glatten Feldern begränzt. Die Muschel zeigt sich am Urmiasee zumal auf den Inseln in sehr bedeutenden Grössenverhältnissen, welche bis zu 120 und 130 Millim. gehen, mit einer Schaalen-Dicke von 30 bis 40 Millim.; auch fand ich sie im Thale von Maku.

Ostrea Virletti Desh. wird von Deshayes aus der subapenninen Formation in Morea bei Modon und Navarin zusammen mit *O. lamellosa*, *O. excavata* und *O. pseudo-edulis* angeführt.

OSTREA EXCAVATA Deshayes.

Tab. II. fig. 1, *a. b.* u. fig. 1, *a. b.*

Ostrea undata Lam. Goldf. Petr. II. p. 18, Tab. 78. fig. 2.
» *cornucopiae?* Brocchi, Subap. p. 563.
» » *?* Philippi, Moll. sicil. I. p. 89. 91.
» *excavata* Desh. Exped. de Morée. T. III. p. 124. Tab. XXI. fig. 5. 6. 3^{e} sér.

Testa ovato oblonga, crassissima; nate altera producta; valva inferiori plus minusve profunda, aliquando cucullata; subtus longitudinaliter obsolete plicata; plicis irregularibus undulosis imbricato squamosis; impressione musculari valde excavata; area ligamenti satis magna, triangulari; medio excavata, lateribus utrinque limbo elevato cincta — subtus margine prominente.

Die herrschende Grundform, die alle Exemplare zeigen, ist länglich gerundet, oval. Die untere Schaale, von sehr verschiedener, aber immer bedeutenderer Tiefe als die obere, ist äusserlich mit einer mässigen Anzahl von grossen, meistens knotigen und abgerundeten Falten versehen, die seitlich von einem mittleren, vom Wirbel über die ganze Schaale ziehenden Kiel auslaufen. Die Schaale ist immer seitlich von diesem Kiel angewachsen. Der Wirbel ist schwach spitzwinkelig, bisweilen erscheint er verlängert und etwas übergebogen. Die Schaale ist im Innern glatt und zeigt einen dem hinteren Rande genäherten tiefen Muskeleindruck. Das Schloss hat die Breite des Wirbels; die breite und bald mehr, bald weniger vertiefte, immer etwas gebogene Furche ist mit halb so breiten ebenen Wülsten eingefasst. Die Vertiefung, welche das Thier beherbergte, dringt tief bis unter das Schloss und bewirkt eine scharfkantige und übergreifende Beschaffenheit des inneren Schlossrandes. Die obere Schaale, in Bezug auf Dimensionen und Dicke der unteren entsprechend, ist abgeplattet, deckelförmig und oberhalb mit unregelmässiger wellenförmiger Faltung versehen, Tab. V. fig. 2. Besonders charakteristisch für diese Art ist ihre Neigung in die Dicke anzuwachsen, wodurch Formen entstehen können, welche wie Fig. 1, *a. b.* Tab. II., zumal von der Seite gesehen, an *Ostrea callifera Lam.* erin-

nern; indessen sind es die immer bleibenden und durch die Verdickung der ganzen Muschel verhältnissmässig mit vergrösserten knotigen Falten, welche die *Ostrea excavata* von der *Ostrea callifera* mit glatten Anwachslamellen streng getrennt halten, Deshayes, *Coq. foss. des envir. de Paris*, I. p. 339, Tab. 50. u. Tab. 51. fig. 1. 2. u. Goldf. *Petref.* II. p. 27, Tab. 83. fig. 2. Von der *O. undata*, wie sie die Abbildung in Goldf. l. c. vorführt, unterscheidet sich die in Rede stehende Art durch bedeutendere Vertiefung der meistens ausserordentlich massiven und dicken unteren Schaale, die sich gewöhnlich unter das Schloss fort erstreckt; der verlängerte, abwärts gebogene Wirbel der *O. undata* bei Goldfuss zeigte sich bei keinem einzigen der mir vorliegenden Exemplare, die ich zu *O. excavata* zähle; dagegen kann die Schlossfurche mit dem Schlosse, der Andeutung der Fig. 6. Tab. 21. bei Deshayes l. c. gemäss, eine monströse Längenentwickelung gewinnen, wie auf Tab. II. fig. 1, *b*. Schaalenfragmente, welche auf eine Länge der Muschel von wenigstens 160 Millim. schliessen lassen, sind durch Bohrmuscheln von 25 bis 23 Mm. Länge durchlöchert, deren künstliche Abdrücke mit grosser Wahrscheinlichkeit auf *Lithodomus lithophagus* deuten. Bei unvollkommenen und abgeriebenen unteren Schaalen wird die Unterscheidung zwischen *O. Virletti* und *O. excavata* allerdings nicht leicht, da Fragmente beider in Bezug auf absolute Dimensionen der Muschel und Natur der knorrigen ausstrahlenden Falten der unteren Schaale unter Umständen gleichwerthig erscheinen können.

Das Vorkommen der *O. excavata* kenne ich aus eigener Anschauung nur in dem krystallinischen Kalke der Enge von Kardaritsch, wo sie mit *O. Virletti* zusammen vorkömmt.

OSTREA LAMELLOSA Brocchi.

Tab. V. fig. 3, *a. b.*

Ostrea lamellosa Broc. Goldf. Petref. II. p. 18, Tab. 78. fig. 3.

O. testa oblonga crassa; valva superiore plano-convexa; lamellosa, ad cardinem angustata, inferiore profunda; fossa cardinali lata canaliculata.

Alle Charaktere, mit Ausnahme derjenigen, welche sich an die Aussenseite der unteren Schaale knüpfen, die bei dem vorliegenden Exemplare von der Steinmasse bedeckt ist, sprechen für die Identität dieser Art mit *O. lamellosa Broc.* Die ovale obere Schaale ist flach; in ihrer oberen Hälfte etwas convex, verjüngt sie sich im Uebergange zu einem etwas hervortretenden, flach gerundeten Wirbelende. Die untere Schaale ist stark vertieft; länglich oval und dick; ihre grösste Breite liegt etwas unter der Mitte. Die Concavität, welche das Thier beherbergte, setzt bis unter das Schlossfeld fort, welches ein scharfer innerer Rand begränzt. Die mässig breite Schlossrinne ist ein wenig nach Vorwärts gekrümmt; in der oberen Schaale ganz flach, ist sie in der unteren von geringer Tiefe und von flach convexen Wülsten begränzt. Der Manteleindruck liegt in der engeren Schaalenhälfte.

Von dieser Ostrea erhielt ich mehrere obere und eine untere Schaale aus dem Foraminiferenkalk vom Urmiasee und fand sie im Kalk der Schlosshöhle bei Maku.

ANOMIA STRIATA Brocchi.

Tab. VI. fig. 8, *a. b.*

Anomia striata Brocchi, Conch. foss. T. II. p. 465, Tab. X. fig. 13.

Testa oblique suborbiculari, tenui, undato convexa, versus marginem concentrice plicata, striis longitudinalibus interruptis et flexuosis; umbone submarginali.

Diese Art, welche in Bezug auf äusseren Umriss und allgemeine Formenverhältnisse der *A. striata Broc.* sich bedeutend annähert, durch ihre sonderbare Sculptur sich aber von allen anderen bekannten wieder unterscheidet, ist in meiner Sammlung nur in zwei oberen Schaalen vorhanden. Die Schaale schief kreisförmig verbogen, ist stark gewölbt, hat einen schwachen Wirbel nahe am Rande und ist durch concentrische, besonders gegen den Rand sich verstärkende Runzeln wellenförmig gefaltet.

Die obere Hälfte der Schaale ist sehr dünn, blättrig und durch feine Warzen zart granulirt, welche auf den schwach gewölbten Zwischenräumen der, Wachsthumstreifen entsprechenden concentrischen Runzeln der unteren Schaalenhälfte, sich von Oben nach Unten in Absätzen stufenweise verlängern und in dem Verhältniss ihrer Annäherung zum Rande die Natur schwach erhabener, etwas undulirender Radialfalten annehmen. Durch diese eigenthümliche Ornamentirung erhält die Schaalenoberfläche ein fein chagrinirtes Ansehen, welches an etwas Aehnliches bei gewissen Brachiopoden aus den Geschlechtern *Productus* und *Chonetes* erinnert. Die sehr scharfrandige Schaale ist im Innern glatt und zeigt einen Muskeleindruck, der seinen Ursprung nahe unter dem Wirbel zu nehmen und bis in die Mitte der Schaale zu reichen scheint. Die in dem Verhältniss von 1 : 1,4 vergrössert gezeichnete Schaale hat 25 Millim. im Durchmesser.

Die zu kurze, durch eine ungenügende Abbildung wenig unterstützte Schilderung, welche Brocchi von seiner *Anomia striata* giebt, würde nicht gestatten die beschriebene Art mit der letzteren zu vereinigen. Dagegen wird die Wahrscheinlichkeit einer Identität Beider mehr durch die Diagnose der fossilen sicilianischen Art begründet, welche Philippi mit *An. striata Brocchi* identificirt. Insbesondere spricht dafür der Zusatz von Philippi zur Diagnose der *An. striata* bei Brocchi: «*striis longitudinalibus flexuosis densissimis, sub lente e squamulis fornicatis compositis sculpta*». Phil. l. c. T. I. p. 93. T. II. p. 66.

Ich fand diese Anomia in der grobkörnigen Molasse zwischen Eriwan und Garni mit Astarte, Natica und Venus zusammen.

MYTILUS ARAMAEUS n. sp.

Tab. VI. fig. 7, *a. b.*

M. testa oblonga, acuta, depressa, subcarinata; apice acuminata, inflata, umbonibus terminalibus; marginibus anticis inflexis, dentibus cardinalibus numerosis.

Diese, durch eine grosse Anzahl deutlich abgedrückter Steinkerne gut repräsentirte, sehr veränderliche Art, stellt eine länglich ovale, stark gekrümmte Muschel von regelmässig concen-

trisch gestreifter und durch die Anwachsung gefurchter Oberfläche dar, mit einem Verhältniss der Länge zur Breite und Dicke wie 1 : 0,42 : 0,22. Die grösste Dicke liegt im oberen Drittel der Länge. Ein Kiel, welcher in dem spitzen, nach vorn gekrümmten Buckel beginnt und in seiner Erstreckung zum unteren Rande immer mehr sich abrundet, theilt die Oberfläche in eine hintere und vordere Hälfte, mit dem Breiten-Verhältniss von 1 : 0,4, sehr ungleich. Der Rücken fällt ziemlich steil zum unteren, etwas eingebogenen Rande ab und verflacht sich dagegen dem oberen und hinteren Rande zu. Der schwach gekrümmte, in seiner ganzen Länge mit feinen, dicht aneinander gedrängten Zahneindrücken besetzte Schlossrand bildet mit der Längenachse der Muschel einen Winkel von 60 Grad und mit dem hinteren Rande einen Winkel von 130 Grad.

Varietäten dieser Form zeigen, dass das Verhältniss der Breite zur Länge bei dieser Art sehr bedeutenden Schwankungen unterliegen kann, welche ganz denen gleichen, wie sie bei *Mytilus edulis* vorkommen. Mit der geringeren Breite wird der Kiel geschärfter und demgemäss der Abfall zum unteren Rande steiler; die etwas mehr aufgetriebene und bauchige Muschel gewinnt alsdann eine etwas eckige Form, welche an die Varietät *subsaxatilis* des *M. edulis* von Williamson erinnert, wovon sich Abbildungen bei Middendorf, *Malacozool. Rossica* Tab. XIV. u, XV. und bei Wood, *Mollusc. of the crag. in palaeontogr. soc.* 1850. Tab. VIII. fig. 9 finden. Bei zunehmender Breite nähert sich die Form der Varietät *M. edulis*, welche Chemn. *Mytilus latus*, Lamark *galloprovincialis* und Sowerby *alaeformis* genannt haben, v. Middendorf l. c. p. 539, Tab. XIV. fig. 9—12. und Sowerby, *Min. conch.* Tab. 275. fig. 4. Ohne bei diesen Aehnlichkeiten mehr als nur andeutend verweilen und die Einwürfe verkennen zu wollen, welche einer Artenbestimmung nach Steinkernen allein immer entgegenstehen, schien mir doch zur Erleichterung des Vergleichs dieser Steinkerne mit einer anderweitig vielleicht schon bekannten, der eben geschilderten entsprechenden Art, eine specifische Fixirung durch einen Namen nothwendig, der nur den Fundort des Fossils in Erinnerung bringen soll.

Es findet sich der *Mytilus aramaeus* sehr häufig in dem braungelben Tuf der rothen Berge Kissilkaja dagi am Nordwestfusse des Ararat und gewinnt daselbst Grössenverhältnisse, die das Maass der Abbildung noch übersteigen. Nach schriftlicher Mittheilung des Hrn. Deshayes in Paris, dem ich ein Exemplar dieses grossen Mytilus im Steinkern zusandte, gleicht derselbe vollkommen einer 1851 noch unbeschriebenen Art, welche bei Bordeaux in den Falun's vorkömmt.

CYRENA UNDATA n. sp.?

Tab. VI. fig. 1, *a. b.*

C. nucleo laevi obovato trigono convexo; antice rotundato, postice caudato elongato; umbonibus prominulis incurvis intermedianis; margine cardinali elongato, obliquo; lunula cordiformi excavata; area lanceolata; striis concentricis remotiusculis, in dorso obsoletis.

Nicht ohne Zögern ordne ich diesen Steinkern, auf welche die vorstehende Diagnose passt, der genannten Art unter, da in Ermangelung genügender Andeutung der Schlossvorrichtung und der Anheftunsorgane des Thieres an der Schaale, selbst noch das Genus in Frage gestellt

werden könnte. Durch kein einziges der zahlreichen, in meinem Besitz befindlichen Exemplare der fraglichen Steinkerne befähigt, diese Frage zur scharfen Entscheidung zu bringen, halte ich es, Angesichts der Nothwendigkeit das eine bestimmte Facies so wesentlich charakterisirende Fossil bei der Umschreibung der letzteren nicht auszuschliessen, vielmehr dasselbe vergleichen zu können, für gerathen, die Steinkerne der Fig. 1 vorläufig unter das Genus und die Art zu stellen, mit welchen sie die grösste Aehnlichkeit besitzen.

Die Schaale ist quer und eiförmig dreiseitig. Die vordere Seite ist rund und die hintere wird durch den etwas schief sich herabsenkenden Schlossrand beinahe verlängert eckig gestaltet. Die im Uebrigen convexe Schaale ist hier keilförmig zusammengedrückt. Die stark hervortretenden und nach Vorn übergebogenen Wirbel liegen vor der Mitte, und senken sich zur hinteren Seite beinahe als stumpfe Kiele hinab. Die Lunula ist stark vertieft, herzförmig und das Rückenfeld breit und länglich oval. Regelmässige, etwas entfernt stehende concentrische Falten treten besonders an der vorderen und an der unteren Seite hervor, während Rücken und hintere Seite glatt erscheinen.

So sehr auch die Uebereinstimmung befriedigt, welche aus dieser Schilderung für die Steinkerne der Fig. 1. mit wohl erhaltenen Exemplaren der *Cyth. undata* von Bordeaux und den trefflichen Abbildungen der Art bei Goldfuss hervorgeht, so werden doch Abweichungen merklich, sobald sich der Vergleich auf künstliche, in Wachs geformte innere Abdrücke von *Cytherea undata* von Bordeaux richtet. Bei solchen künstlichen Steinkernen sind die Buckel weniger breit, weniger gewölbt und übergebogen, wie bei den Steinkernen der Fig. 1. Die Muskeleindrücke finden sich an Stellen, wo an den natürlichen Steinkernen keine Spur davon wahrgenommen wird; auch ist die hintere Seite bei den letzteren mehr zusammengedrückt und tellinenartig verlängert.

Ob und in wie weit diese Abweichungen auf alleinigen Varietätsunterschieden beruhen könnten, muss ich hier unentschieden lassen; Formenschwankungen in ganz ähnlichem Sinne sind bei sämmtlichen zum Vergleich unter sich mir vorliegenden Steinkernen allerdings wahrzunehmen.

Die Steinkerne der Fig. 1. Tab. VI. finden sich in grosser Häufigkeit in dem braunen Tuf von Argatschi am Nord-West-Fuss des Ararat.

CYTHEREA ERYCINOIDES Lamark.

Tab. VI. fig. 2, *a. b. c. d.*

Cytherea erycinoides Lamark VI. p. 329.
» *suberycinoides* Goldf. Petref. p. 240, Tab. 149. fig. 15, *e.*
» » Nyst. Belg. p. 167, Tab. XI. fig. 4, *a. b.*
» *Chione?* Dubois Tab. V. fig. 13. p. 5.

Cytherea testa ovato-transversa, subdepressa, umbonibus antemedianis regulariter sulcata, sulcis rotundatis, numerosis; lunula cordata; area lanceolata, laevigata.

Die Deutlichkeit wohl erhaltener Steinkerne, durch scharfe Abdrücke der äusseren Form der denselben zugehörigen Muscheln in der Tufmasse unterstützt, lässt keinen Zweifel darüber, dass *Cytherea erycinoides Lam.* in der Fig. 2, *a. b. c. d.* Tab. VI. wirklich repräsentirt ist. Eine quer ovale, mässig convexe, ungleichseitige, eiförmige Muschel, mit abgerundetem vorderen und verlängertem hinteren Rande, einem schwach hervorragenden, nahe vor der Mitte liegenden Wirbel und einer glatten herzförmigen Lunula, nebst lanzettförmiger Area. Die Schaale wird von zahlreichen concentrischen, abgerundeten Falten bedeckt. Die Fig. 2, *a. b.* dargestellten Abbildungen wohlerhaltener Schaalen, durch künstlichen Abdruck aus Steinkernhöhlungen erhalten, geben eine treue Vorstellung von der ursprünglichen Form und Oberfläche der Muschel. Beide Formen *a.* und *b.* entsprechen vollkommen den analogen Steinkernen *c.* und *d.* Der einzige Unterschied, der sich als Resultat des Vergleichs dieser Formen mit einer grossen Anzahl von schönen Exemplaren der *C. erycinoides* von Saucats bei Bordeaux zwischen Beiden ergiebt, besteht darin, dass der Wirbel bei *C. erycinoides* von Bordeaux etwas mehr hervorspringt und die hintere Seite der Muschel sich schwächer verjüngt. Indessen bedingt dieser Unterschied für das Verhältniss zwischen Länge und Höhe keine constante Differenz, denn in den mittleren Werthen verschwinden einzelne Varietätsschwankungen wieder. Das bei den französischen Exemplaren bestehende mittlere Verhältniss der Länge zur Höhe von 1 : 0,68 zeigt sich sehr genähert dasselbe bei den Steinkernen der armenischen Art.

Die *Cytherea erycinoides* findet sich in grosser Menge mit der vorhergegangenen Art zusammen im braunen Tuf desselben Fundortes am Nord-West-Fuss des Ararat.

Von zahlreichen europäischen Fundorten dieser noch jetzt im indischen Meere und bei Ceylon lebenden Art nenne ich hier nur Saucats, Dax, die Umgebung von Rom und Turin, Polen und Podolien.

VENUS GREGARIA Partsch.

Tab. VI. fig. 3, *a. b. c. d.*

Venus gregaria Goldf. Petref. p. 247, Tab. 151. fig. 7. 1833.
» *modesta* Dubois l. c. p. 61, Pl. VII. fig. 1—2. 1831.
» *Vitalianus* d'Orb. Homm. de Hell. l. c. Pl. V. fig. 22—25 1844.
» *Fadiefei* d'Orb. Homm. de Hell. l. c. Pl. V. fig. 26—29.
» *dissita* Eichwald, Lethaea rossica. p. 105, Tab. V. fig. 13, *a. b.* 1853.

Venus; nucleo transversim obovato, convexo, umbonibus antemedianis, margine cardinali subarcuato, lunula cordata, area lanceolata; impressionibus muscularibus distinctis, in superiore parte valvarum sitis.

Auch auf die, Fig. 3, *c. d.* abgebildeten Steinkerne findet das bei der vorhergegangenen Art Gesagte eine Anwendung, denn unverkennbar prägen sich in ihnen die Haupttypen der Varietäten aus, zwischen welchen die so sehr veränderlichen Gestalten der *Venus gregaria*, wie bekannt, überall zu oscilliren pflegen. Es sind quer eiförmige convexe Formen mit dicht über dem vorderen Rande liegenden Wirbeln. Die Lunula ist herzförmig, die Area lanzettförmig.

Die Muskelabdrücke erheben sich innerhalb der oberen Hälfte an den Anfangsstellen des hinteren und vorderen Randes, fig. 3, *d.* Auf der Steinoberfläche zeigen sich die abgedrückten Spuren fein gedrängter concentrischer Streifung und durch die Anwachsstreifen der Schaale bedingter Runzeln. Der Vergleich dieser Steinkerne mit künstlich erhaltenen Abdrücken der inneren Schaale von *Venus gregaria* aus Podolien und Bessarabien zeigte eine absolut zu nennende Uebereinstimmung. Die Ansicht, welche es nöthig fände den Steinkernen fig. 3, *a. b.* den Werth besonderer und verschiedener Arten beizulegen, würde sich auf die Autorität d'Orbigny's stützen können und die Wahl haben, jene Formen etwa auf Jugendgestalten von *Venus Menestrieri* oder *V. ponderosa d'Orb.* zurückzuführen. Indessen würde hiermit zugleich die schwierigere Aufgabe verbunden sein, für die Steinkerne *c.* u. *d.* unter den 3 anderen von d'Orbigny an demselben Orte aufgestellten Arten der *V. Jacquemartii, V. Vitalianus, V. Fadiefei* die entsprechende Art auszuwählen (*Hommaire de Hell.* l. c. pl. V.).

Die abgebildeten Steinkerne sind häufig in demselben Tufe, der die vorhergegangene *Venus erycinoides* beherbergt. Dieselbe Art besitzt eine grosse Verbreitungssphäre in Grusien (Karthalinien und Imeretien) wie auch im Norden des Kaukasus. Unter europäischen Fundorten sind haupsächlich zu nennen: das Becken von Wien, Volhynien und Podolien.

VENUS INCRASSATA Sowerby.

Tab. VI. fig. 4, *a. b.*

Venus incrassata Sowerby, Min. conch. T. II. p. 126, pl. 155. fig. 1. 2. 1817.
» *suborbicularis* Goldf. Petref. p. 247, Tab. 148. fig. 7.
» *incrassata* Nyst. Belg. p. 181, Tab. 13. fig. 6, *a. b.*

Venus nucleo suborbiculari obliquo, ventricoso; striis transversis ad margines gradatim approximatis; lunula magna cordata; sutura lanceolata hiante, umbonibus crassis, prominulis recurvis.

Unter allen, den tertiairen Facies zugehörigen, mir bekannten Venusarten befindet sich keine, deren Form und innerer Abdruck befriedigender mit den vorliegenden Steinkernen übereinstimmte als die *Venus incrassata Sow.*; denn der Steinkern deutet auf eine beinahe kreisrunde, bauchige, sehr quere, ungleichseitige Muschel, deren Buckel sich zu einer grossen Lunula herüberbiegen. Einzelne Stellen der Steinkerne tragen die deutlichen Spuren unregelmässiger concentrischer Streifung. Mit besonderer Deutlichkeit verräth sich in der starken Callosität in der Nähe der Buckel das ursprüngliche Vorhandensein einer grossen und tiefen Bandgrube, wie sie der *Venus incrassata* und den Arten der Gattung *Cyprina* eigenthümlich ist. Bei so klar ausgesprochenen Kennzeichen kann über das faktische Vorhandensein der angenommenen Art kaum ein Zweifel sich geltend machen.

Ich habe auch diese Steinkerne in grosser Menge in dem mehrfach erwähnten braunen Tuf mit der vorhergegangenen Art zusammen gefunden. Die in Grusien nur sparsam vorkommende *Venus incrassata* ist aus dem Crag von Belgien und England, und aus dem tertiairen Sande bei Bunde in Westphalen bekannt.

VENUS FALLAX n. sp.

Tab. VI. fig. 12, *a. b. c.*

Testa solida, subtrigona, cordiformi, regulariter sulcata 22—24 sulcis prominulis; umbonibus rotundatis recurvis; margine integro; lunula subcordiformi.

Die genauen Beziehungen, welche sowohl in der Form der Schaale, wie in den Charakteren des Schlosses zwischen Astarte und Venus bestehen und bei allen unter gleichzeitiger Verdickung sich abplattenden Venusarten (wie bei *Venus Brogniartii*) durch absolutes Verschwinden des dritten Schlosszahnes besonders stark hervortreten, machen die Unterscheidung beider Genera besonders dann schwierig, wenn der Zustand des Petrefakts kein Urtheil über das einzige sichere Unterscheidungsmerkmal, die Form des Manteleindrucks, gestattet. — Das so eben Gesagte findet auch Anwendung bei der Schilderung des Tab. VI. fig. 12. abgebildeten Petrefakts wie folgt: Schaale gleichförmig convex, queroval, dickschaalig; am vorderen Ende halbkreisförmig, am hinteren Ende länglich gerundet; mit einem vor der Mitte liegenden dicken, etwas übergebogenen Wirbel, einer mässig vertieften Lunula und einem lanzettförmigen Feldchen. Die Oberfläche ist mit 22—24 abgerundeten, sehr regelmässigen, concentrischen Falten bedeckt. Das Schloss zeigt dicht unter dem Wirbel zwei, mit mässiger Divergenz hervorstehende, eine gerundete Grube zwischen sich einschliessende Hauptzähne, nebst dem Rudiment einer problematischen zahnartigen Protuberanz am inneren vorderen Schlossrande. Die Muskeleindrücke sind nur schwach angedeutet und der Manteleindruck ist völlig unsichtbar. Der untere Rand der Schaale ist glatt.

Die unverkennbare Aehnlichkeit, welche diese Muschel von Seiten ihrer äusseren Form mit gewissen Astarten der Tertiairzeit, zumal mit *Astarte Burtini* und *A. corbuloïdes* Nyst. *Belg.* p. 160, Tab. IX. fig. 6. 7. aus dem Crag in England und entsprechenden Schichten in Belgien besitzt, würde der Aufnahme dieses Fossils in das Genus Astarte das Wort reden können; indessen scheint mir die Rücksicht auf die Schlossverhältnisse überwiegend, welche nöthigt das Fossil als eine Venus zu betrachten.

Ich habe diese Muschel zusammen mit der p. 69 beschriebenen *Anomia striata* in der Molasse zwischen Erivan und Garni gefunden.

VENUS ANNULATA n. sp.

Tab. VI. fig. 13, *a. b.*

V. nucleus testa trigona obovata, transversim regulariter striata, natibus antemedianis subacutis; lunula ovata, profunda.

Diese äusserst zierliche, nur in *einem* Steinkerne vorhandene Muschel, die entweder Astarte oder Venus sein kann, hat einen eiförmig dreiseitigen Umriss, ist convex und besitzt etwas nach Vorn eingebogene, vor der Mitte liegende Wirbel. Der Schlossrand ist bogenförmig und tritt mit der hinteren Seite im stumpfen Winkel zusammen. Die Schaale ist mit zierlichen concentrischen und ringförmig erhabenen Reifen bedeckt, die in regelmässigen Abständen, vom

Wirbel bis zum unteren Rande 15 an der Zahl, auf einander folgen. Die Höhe der Muschel ist 5 Millim. und verhält sich zur Länge wie 0,75 : 1. Die Merkmale der äusseren Form scheinen mir für die Gattung Venus zu sprechen.

Der Fundort dieser Muschel ist derselbe Molassensandstein bei Erivan, der die vorgenannte Art beherbergt.

SAXICAVA RUSTICA Brocchi.

Tab. VI. fig. 5, *a. b.*

Mya rustica Brocchi, Conch. foss. p. 533, Tab. XII. fig. 11.
Saxicava arctica Phil. Enum. mollusc. T. I. p. 20, Tab. III. fig. 3, *a. b. c. d.*

S. nucleo transverso, oblongo inaequilatero; valvis corrugatis, posterius obsolete carinatis, utroque fine hiantibus.

Obschon die Natur dieses Steinkernes eine Beurtheilung des Schlosses und der Anheftungsorgane des Thieres nicht gestattet, so hat die Identität dieser Muschel mit der *Saxicava rustica* von Brocchi doch so viele Wahrscheinlichkeitsgründe für sich, dass ich sie mit derselben identificiren zu dürfen glaube. Die Schaale ist quer bogenförmig und ungleichseitig; an der vorderen abgerundeten Seite schwach, an der hinteren abgestutzten aber bei etwas aufgeworfenem Rande stark klaffend. Die Oberfläche der Schaale ist mit unregelmässigen concentrischen Runzeln bedeckt. Ein stumpfer Kiel zieht vor den seitenständigen, im ersten Drittel der Länge eintretenden Buckeln zu den am stärksten klaffenden Stellen des hinteren Randes hinab. Das Rückenfeld mit seinen deutlichen Nymphen ist tief herzförmig. Die Lunula lanzettlich. Länge der Muschel 29, Höhe 14 und Dicke 10 Millim.

Im braunen Tuf der Kissilkaja-Berge bei Argatschi am Fuss des Ararat gefunden.

Philippi hat l. c. gezeigt, dass die noch jetzt in Sicilien lebend vorkommende *Saxicava arctica*, deren Schaale er «*testa forma summopere variabilis*» nennt, mit *Mya rustica Broc.* identisch ist, welche letztere im Piacentinischen vorkömmt. *Saxicava arctica* ist auch aus dem Wiener Becken bei Enzesfeld citirt worden.

GASTEROPODEN.

CERITHIUM MARGARITACEUM Brocchi.

Tab. VI. fig. 10.

Murex margaritaceus Brocchi, Conch. foss. subap. p. 447, Tab. 9. fig. 24.
Cerithium margaritaceum Brogn. trapp. p. 72, Tab. VI. fig. 11.
» » » Goldf. Petref. III. p. 38, Tab. 175, fig. 1, *a. b.*
» » » Hörnes, die fossil. Moll. p. 404, Tab. 42. fig. 9.

Cerithii fragmentum testa crassa conica, anfractibus planis, cingulis tribus moniliformibus, tertio tuberculis crassioribus rotundis ornato.

Bei dem vorliegenden Bruchstück, welches die in Kalkspath verwandelte Muschel in einem grobkörnig sandigen Molassenkalke fest eingewachsen darstellt, führt die Ergänzung der fünf vorhandenen Umgänge zu einer conisch thurmförmigen Schaale, deren Windungen mit drei rosenkranzförmigen, vollständig unter einander getrennten Reihen bedeckt sind. Die beiden unteren Reihen sind mit feinen und regelmässigen Granulationen geziert, während die obere Reihe sich durch bei Weitem grössere, abgerundete, dicht an einander gedrängte Knoten auszeichnet. Dieses einfache, in dem treu abgebildeten Fragmente mit Schärfe ausgeprägte Gesetz, passt unter allen Cerithien allein befriedigend auf die Cerithienform, welche von Hörnes l. c. und anderen Autoren als die Normalgestalt des *Cerithium margaritaceum* angenommen wird l. c. p. 405.

In dem Umstande, dass zwischen diesen drei Reihen häufig, aber nicht immer, kleinere gekörnelte Streifen auftreten, liegen, so wie in der wechselnden Beschaffenheit der Granulationen selbst, die Gründe der vorhandenen mannigfaltigen Spielarten, durch welche Annäherungen an andere Arten vermittelt werden. Die irrige Deutung solcher Varietäten, in Folge der Nichtbeachtung des von Hörnes nachgewiesenen constanten Merkmals der Oberfläche, dass die oberste der drei rosenkranzförmigen Knotenreihen von der zweiten stets durch eine tiefere Furche getrennt ist als diese von der letzteren, hat schon öfter zu Bestimmungen verleitet, welche die klare Einsicht in die wahre geologische Stellung des *Cerithium margaritaceum* durch Unsicherheit trüben.

Auf das Vorhergehende gestützt, glaube ich die dem Fragment Fig. 10. entsprechende Muschel für die, durch so eben bezeichnete constante Merkmale nachgewiesene Normalgestalt des *C. margaritaceum* halten zu dürfen.

Ich habe das Fossil in der die Nummulitenformation überlagernden Molasse im Araxesthale bei Djoulfi gefunden.

Cerithium margaritaceum kommt in Europa im Wiener und Mainzer Becken, so wie auch bei Saucats und bei Castel Gamberto vor.

CERITHIUM PLICATUM Bruguière.

Tab. VI. fig. 11.

Cerithium plicatum Brug. Lam. IX. p. 333.
» » Lam. Ann. du mus. d'hist. nat. T. III. p. 345, № 18.
» » Brogniart, Mém. trapp. p. 71, Tab. VI. fig. 12.
» » Deshayes, Descr. de coq. foss. de Paris. II. p. 389, Tab. 55. fig. 5—9.
» » Bronn, Leth. geogn. II. p. 1057, T. 41. fig. 5. 3. Aufl. p. 504.
» *Galeotti* Nyst, Descript. de coq. f. de Belg. p. 537, Tab. 42. fig. 6.
» *plicatum* Hörnes, Foss. M. des Wien. Beck. p. 400, Tab. 42. fig. 6.

Cerithii fragmentum testa subcylindrica, elongato turrita, anfractibus subplanis longitudinaliter plicatis; transversim quadrisulcatis, ultimo anfractu basi convexo transversim sulcato; sulcis granulosis.

Eine thurmförmige cylindrische Schaale; die durch stark prononcirte Furchen getrennten Umgänge sind mit vier gekörnten Ringen bedeckt, deren gleich grosse, flache Knoten dergestalt über einander stehen, dass sie schräg gestellte Längsrippen oder Falten auf dem Umgange hervorbringen. Diese Falten sind dergestalt geordnet, dass eine jede Rippe des einen Umgangs immer mit einer Zwischenfurche der Rippen des anderen Umgangs zusammentrifft. Die letzte Windung ist an der Basis gewölbt und mit sechs etwas flacher gekörnten Reihen versehen.

Bei der verwandtschaftlichen Aehnlichkeit zwischen den Arten *Cerith. plicatum Brug.*, *C. lignitarium Eichw.*, *C. Duboissi Hörn.* und *C. corrugatum Brogn.*, welche sämmtlich durch thurmförmige Schaalen mit vier Knotenreihen auf den Gewinden ausgezeichnet sind, spricht die grösste Wahrscheinlichkeit bei dem vorliegenden Objekt desshalb für *C. plicatum*, weil bei *C. Duboissii* keine Längswülste oder Falten zu erkennen sind (Hörnes l. c. p. 400), indem die einzelnen vierseitigen Knoten in horizontaler oder vertikaler Richtung gleich weit von einander stehen; weil *C. lignitarium* gewöhnlich bauchig ist und weil bei *C. corrugatum* die Falten durch grössere Abstände von einander getrennt sind, Brogn. l. c. p. 70, Tab. III. fig. 25.

Mit *C. margaritaceum* zusammen am genannten Fundorte, wie auch in den oberen Schichten des Beckens von Achalzike.

Europäische Fundorte sind das Wiener und Mainzer Becken, Dax, Saucats und Asti.

CERITHIUM TRICINCTUM Brocchi.

Murex tricinctus Brocchi, Conch. foss. subap. T. II. p. 466, Pl. 9. fig. 23.
Cerithium tricinctum Bronn. 1831. Ital. tert. geb. p. 49, № 246.
» » Nyst. Terr. tert. de Belg. p. 539, Tab. 42. fig. 7.

Im braunen Tuf von Argatschi am Nord-West-Fuss des Ararat vorgekommen.

Das einzige deutliche Exemplar von dem genannten Fundorte wurde von mir zur Beurtheilung an Hrn. Deshayes nach Paris geschickt und ist von diesem Gelehrten für *C. tricinctum* erklärt worden. Eine Abbildung dieser Art kann ich desshalb nicht geben und beschränke mich somit nur auf die Anführung derselben.

Anderweitiges Vorkommen in Belgien, Italien und in den Faluns der Touraine.

FUSUS BURDIGALENSIS Basterot.

Fasciolaria Burdigalensis Grateloup, Atlas C. f. du bassin de l'Ad. T. 23. fig. 6—8.
» » d'Orbigny, Prodrome de palaeont. stratigr. T. III. p. 71, № 1285.
Fusus Burdigalensis Hörnes, Foss. Moll. p. 296, Tab. 32. fig. 13. 14.

Zu der Anführung dieser Art berechtigen Steinkerne von demselben Fundorte des vorhergegangenen Cerithium. Ohnerachtet der befriedigenden Uebereinstimmung in den Formenverhältnissen dieser Steinkerne mit denen des *Fusus Burdigalensis* von Dax, wie aus dem Becken von Wien, würde ich diese Art mit Stillschweigen übergehen, wenn die Wahrscheinlichkeit

ihres Auftretens in dem Tuf von Argatschi nicht durch das Mitvorkommen von *Cerithium tricinctum*, *Venus gregaria*, *V. incrassata* und anderer Repräsentanten ein und derselben Facies eine bedeutende Stütze erhielte. — Diese Art ist häufig im Becken von Wien, in der Touraine und in der Schweizer Molasse.

HALIOTIS PHILBERTI Marc. de Serr.

Tab. VII. fig. 4, *a. b.*

Haliotis Philberti Marcel de Serres l. c. p. 128.

Haliotis testa ovato oblonga, in medio depressiuscula; longitudinaliter striata; sulcis exiguis, binis minoribus interpositis; transversim striata; plicis inaequalibus remotiusculis; spira prominula; margine sinistro elevato; foraminibus externis acute marginatis, aliis simplicibus.

Das wohlerhaltene, zur grösseren Hälfte vom Gestein umschlossene Fossil besitzt eine eiförmige Gestalt von 20 Millim. Länge und 35 Mm. Breite, und ist in der Mitte flach niedergedrückt. Das schwach eingerollte Gewinde steht stark hervor. Die Oberfläche ist mit feinen Längsrippen bedeckt, von welchen je zwei immer zwei schwächere einschliessen; sie wird von starken Querfalten durchsetzt, deren Anzahl und Lage den Oeffnungen entspricht, welche unterhalb des linken eingebogenen Mundrandes einer mässig stumpfen Kante aufgesetzt sind. Die vordersten Oeffnungen für die Wasser-Saugapparate zeigen die deutlichen Spuren niedriger röhrenartiger Fortsetzungen.

Unter den bisher beschriebenen und abgebildeten fossilen Haliotisarten nähert sich die *H. Volhynica*, welche Eichwald zuerst aus Volhynien (*Zoologia specialis potiss. Rossiae et Poloniae.* I. p. 294, Tab. V. fig. 18.) und Hörnes kürzlich aus dem Wiener Becken beschrieben haben (Hörnes l. c. p. 510, Tab. 46. fig. 26.) der vorliegenden Art sehr. Indessen sind stärkere Wölbung der Schaale, und Abwesenheit deutlich ausgebildeter Querfalten bei *H. Volhynica* doch immer noch unterscheidende Merkmale, welche auch die *H. ovata* von Michelotti theilt (Michelotti, *Descript. des Fossiles mioc. de l'Italie septent.* p. 166, Tab. VI. fig. 20). Das Gewicht, welches auf diese Unterschiede zu legen ist, würde geringer sein, wenn nicht Marcel de Serres in der *H. Philberti* aus dem Calcaire moëllon l. c. eine Art beschrieben hätte, welche bei einer flächeren Gestalt zugleich auch bestimmte Querfalten, ganz wie die in Rede stehende Art, darbietet. Diese Uebereinstimmung besonderer Merkmale, bei räumlich so weit von einander getrennten Individuen eines Fossils von verhältnissmässig nur sehr sparsamer Vertretung, scheint für die Selbstständigkeit der Art zu sprechen und bestimmt mich dieselbe als *Haliotis Philberti* anzuführen.

Ich erhielt diese Art aus dem Bryozoen reichen Kalkstein von dem Delta des Djagatai und Tantawi im Süden des Urmiasee's.

PFLANZEN.

I. MONOCOTYLEDONEN.

GRAMINEAE. Gräser.

PHRAGMITES Trin.

PHRAGMITES OENINGENSIS Al. Braun.

Tab. IX. fig. 10.

Phragmites oeningensis Heer, Flora tertiaria Helvetiae. Tab. XXII; XXIV; XXVII, fig. 2. 6. u. Tab. XXIX, fig. 3, *e.*

Culmites arundinaceus Ettingh. Fossile Flora von Wien. p. 9, Tab. I. fig. 1.

Wahrscheinlich auch in der Braunkohle bei Bonn: Scheuchzers Herbar. diluvian. p. 19, Tab. III. fig. 2.

Rhizomate ramoso, internodiis plerumque elongatis, tubulosis, culmis elongatis, foliis latis multinervosis.

Dem Gattungsbegriffe von Phragmites, «*nervi longitudinales firmiores* 2—7 *interstitialibus, multo tenuioribus separati*» entsprechend, sind auf beiden abgebildeten Stengelstücken fig. 2. 3. stellenweis deutlich, zwischen je zwei Hauptnerven liegende schwächere Längsnerven wahrzunehmen. Beide Stücke kommen am Meisten mit dem bei Heer Tab. XXIV. fig. 2. abgebildeten grossen Stengel überein. Zu bedauern ist es, dass bei den von mir abgebildeten Abdrücken die Stellen nicht ausgebildet sind, wo die Gliederungen liegen; wenngleich es sehr wahrscheinlich ist, dass gerade die Gegenwart der Internodial-Protuberanz Veranlassung zum stärkeren Anhaften der Gebirgsart an diesen Stellen gegeben hat. Das kleinere Stück fig. 10. scheint als die junge Verästelung eines Stengels betrachtet werden zu dürfen, an dem die Internodien noch sehr genähert sind.

Aus dem rothbraunen Tuf von Argatschi am nordwestlichen Fusse des Ararat.

CYPERACEAE Dec. Halbgräser.

CYPERITES Heer.

Heer charakterisirt die Cyperites als neuntes Geschlecht seiner Gramineen wie folgt: «*folia linearia, rigida, carinata, nervis parallelis plerumque aequalibus*» und versteht darunter alle Reste von Cyperaceen, die noch nicht mit einiger Sicherheit bestimmten Gattungen zugetheilt werden können. Er weicht dabei von Lindley ab, welcher die Gattung Cyperites zuerst aufgestellt hat, und dazu nur solche Cyperaceen-Blätter rechnet, denen die Mittelrippe fehlt, die aber ein Paar stark hervortretende Seitenrippen haben, cf. *Fossil Flora of Gr.-Britain*, I. p. 124. Da der Verfasser der *Flora tertiaria Helvetiae* eine jede der von ihm aufgestellten Arten auf eine genaue Abbildung basirt, so hiesse es die Tendenz und den Werth eines Werkes wie das genannte verkennen, wenn der Geolog bei Bestimmung schwer zu deutender Cyperaceenformen, in Fällen, wo die

Natur des Abdrucks keine genauere physiologische Analyse gestattet, Anstand nehmen wollte die Uebereinstimmung seines fraglichen Objektes mit der fremden Abbildung und Beschreibung als maassgebend zu betrachten. Nicht das Dasein oder die bestimmte Unterscheidung einer oder der anderen Pflanzenspecies allein hat von dem geologischen Standpunkte Werth, vielmehr dasjenige, was dazu beitragen kann, den petrographischen und palaeontologischen Habitus, die Facies einer lokalen Formation scharf aufzufassen.

CYPERITES DEUCALIONIS Heer.

Tab. VI. fig. 9. u. Tab. VIII. fig. 4.

Cyperites Deucalionis Heer l. c. Tab. XXIX. fig. 1. XXVI. fig. 13, *b*. XXX. fig. 3, *h*.

Unter einer Anzahl von unvollkommenen, der Quernerven entbehrenden Blattorganen schwer zu deutender Pflanzen, zeigte sich ein Blatt mit Mittelnerven und 10 bis 12 kleineren Längennerven zu beiden Seiten. Dem «*foliis* 3,5—4 *lin. latis*, *medio acute carinatis*, *utrinque nervis* 10—12» in der Diagnose von *Cyperites Deucalionis* bei Heer ist hierdurch annähernd entsprochen; auch scheint das «*C. culmo-cylindrico*» in derselben Diagnose auf andere gut erhaltene Stengelstücke eine Anwendung finden zu dürfen, die stielrund waren und 12—25 Längsnerven zeigen, Tab. VI. fig. 9. Für diejenigen, welche die citirte Zeichnung in Bezug auf diese Angaben vielleicht ungenügend und die Deutung der Tab. VI. abgebildeten Culmi willkührlich finden könnten, bemerke ich, dass ein, die in Anspruch genommenen Charaktere bei Weitem deutlicher zeigendes Cyperitesblatt auf anderen Handstücken in Verbindung mit jenen Halmen zur Sichtbarkeit gekommen ist.

Unter den Stengelabdrücken, die mit *Phragmites oeningensis* und den für *Cyperites Deucalionis* gehaltenen Abrücken auf Handstücken des Tufs von Argatschi zusammen vorkommen, finden sich auch solche, auf welche das «*caule cylindrico*, *canaliculato*» des *C. canaliculatus* von Heer eine Anwendung finden dürfte. So sehr eine solche Deutung durch die Aehnlichkeit mit den l. c. gegebenen Abbildungen bei Heer in der That auch unterstützt erscheint, so wage ich dennoch nicht dieselbe für mehr als Vermuthung hinzustellen, da der Raum der Tafeln nicht gestattete noch andere Exemplare abzubilden.

AGAVEAE.

AGAVITES ARARATICA n. gen.?

Tab. IX. A. fig. 1. 2. 3.

Agavites caulescens, foliis late lineari-oblongis, basi incrassatis, sursum planis et subtus obtuse tantum carinatis.

Auf gleicher Lagerstätte, wie die vorher beschriebenen vegetabilischen Reste, habe ich auch die äusserst zahlreichen und voluminösen Abdrücke einer Pflanzenform gefunden, für welche die mir zugänglichen Beschreibungen und Abbildungen westeuropäischer Lokalfloren keinerlei Anhaltspunkte darbieten.

Da keine Abdrücke in allen Theilen vollständig erhaltener Individuen ihrer Grösse halber zu erhalten waren, sondern nur Blattfragmente aus dem Gesteine gelöst werden konnten, so sind es auch nur diese, welche vorerst in Erwägung kommen und Vermuthungen über Natur und systematische Stellung dieser wahrscheinlich neuen Gattung aus der Gruppe der Agaven zu Grunde gelegt werden können.

Die Pflanze besass allem Anscheine nach dicke, fleischige, ziemlich feste, ganzrandige, nach Unten sich verschmälernde Blätter. Am Grunde derselben trat wahrscheinlich auf der unteren Blattseite eine dicke fleischige Rippe so bedeutend hervor, dass das Blatt hier, gleiche Breite und Dicke besessen zu haben scheint. An solchen Stellen finden sich mitunter wohl erhaltene, ziemlich grosse, zellenförmige Weitungen, welche auf Luftkanäle (*meatus pneumatici*) oder Lufthöhlen (*cavitates aëreae*) fig. 2 deuten, ähnlich denen, wie sie z. B. die Blattscheiden der Musa-Arten besitzen. Unter den, Blätter dieser Art darstellenden Handstücken befindet sich eins, welches viele derselben so über einander liegend zeigt, wie sie in einem Kopfe dicht an einander gedrängt zusammengesessen haben müssen. Meine an Ort und Stelle über solche Gruppirungen, an welchen Blätter von 1 Fuss Länge Theil nehmen, niedergeschriebenen Bemerkungen drücken diese Vorstellung ganz bestimmt aus. Es wäre dies nach der Ansicht des Hrn. Dr. Regel eine Blattbildung, wie sie unter den lebenden Pflanzen bei den Gattungen Agave und Fourcroya am Aehnlichsten vorkömmt. Die vielen und grossen Luftzellen, welche diesen lebenden Gattungen fehlen, gestatten hier den Schluss, dass die fragliche fossile Pflanze, ähnlich den Stratiotes im Wasser lebte; eine Annahme, welche mit der Gegenwart anderer, an dieser Lokalität gefundenen Wasserpflanzen ganz gut übereinstimmt. Heer bildet in der Tertiairflora der Schweiz Tab. 46. fig. 9—11 die Blumen einer Wasserpflanze ab und nennt diese *Stratiotes Najadum;* möglich, dass diese mit der armenischen Form zusammen, eine eigenthümliche, den Agaven sich anschliessende Pflanzengruppe bildet. Heer kennt von seinen Stratiotes nur Blumen. Indessen bestehen die Abdrücke der fossilen Pflanzenreste aus Armenien bis jetzt nur noch aus Blattstücken und diese allein können nicht dazu berechtigen, die Pflanzen zu Stratiotes zu rechnen. Dagegen könnten die von Heer abgebildeten Blumen eben so wohl in die Nähe der Gruppe der Agaven oder zu diesen selbst gehören. Es scheint dies sogar glaublich, da in den Blumen l. c. Griffel und Staubfäden angedeutet sind und Stratiotes zweihäusige Blumen besitzt. Fernere Funde und Untersuchungen müssen darüber entscheiden, ob die hier als möglich vorausgesetzten Beziehungen zwischen den von Heer beschriebenen Blumen von Oeningen und den fossilen Blättern aus Armenien in der That bestehen, was bei der auffallenden Uebereinstimmung in den anderen an beiden Orten vorkommenden Pflanzenformen sehr wohl der Fall sein könnte.

Eine nähere Erwähnung verlangen hier noch, häufig in der unmittelbaren Nähe der so eben beschriebenen Blattformen vorkommende, cylinderförmige, gekrümmte und in darm- oder wurmförmigen Windungen zusammengehäufte Pflanzenorgane, fig. 3. Ihre Natur als Rhizomata kann mit Hinblick auf ganz analoge Bildungen, welche Heer von Cyperites, Phragmites und Arundo auf Tafel XXII, XXIII u. XXVII darstellt, nicht zweifelhaft sein. Die Zurückführung

*

derselben auf die so eben als Agavites beschriebene Pflanze beruht allerdings nur auf Vermuthung; für die Richtigkeit derselben scheint aber einerseits das nahe örtliche Beieinandersein dieser Reste und andererseits der Umstand zu sprechen, dass in den Interstitialräumen jener Rhizomata die Abdrücke gitterförmiger Zellengewebe vorkommen denen gleich, welche in dem Inneren der Blätter von Agavites zu beobachten sind. Zu erinnern ist hier endlich daran, dass unter den jetzt bekannten Agave-Arten in der Gruppe von *A. Saponaria* gleichfalls Arten mit kriechendem fleischigem Rhizom vorkommen.

II. CONIFEREN.

PODOCARPAE Endl.

PODOCARPUS EOCENICA Ung.

Tab. V. fig. 7.

Podocarpus eocenica Ung. Heer p. 53, Tab. XX. fig. 3.
» » *Unger* Sotzka p. 28, Tab. 2. fig. 11—16.
» » *Ettinghausen* Häring p. 37, Taf. 9.

Die von Heer für diese Art gegebene Diagnose «*P. foliis linearibus, vel lanceolato linearibus subfalcatis, in petiolum brevem attenuatis, apice acuminatis, nervo medio solo conspicuo*» spricht vollkommen für das abgebildete Blatt, dessen glatte von der Mittelrippe aus gewölbte Oberfläche in Verbindung mit dem Fehlen der Seitennerven beweist, dass der Abdruck von einem grünen lederartigen Blatte stammt.

III. DICOTYLEDONEN.

SALICINEAE.

SALIX ANGUSTA A. Braun.

Tab. V. fig. 7. u. Tab. VI. fig. 9.

Salix angusta Heer p. 30, Tab. LXIX. fig. 1—11.
» *angustifolia* Al. Braun in Buckl. Geolog. p. 512.
» *angustissima* Unger, Gener. et spec. plant. fossil. p. 418.

Der stark entwickelte Mittelnerv und die von demselben auslaufenden stark gebogenen Seitennerven, die nicht alle bis zum Rande gehen und stark nach Vorn geneigte Bogen bilden, so wie der gesammte Habitus der Form sind bei den vorliegenden Blättern positive Charaktere, welche dafür sprechen, dass dieselben zur Gattung Salix gehören können. Der Umstand, dass unter den Abbildungen, welche Heer von den verschiedenen durch ihn beschriebenen Salix-specien giebt, solche sind, die eine vollkommene Uebereinstimmung mit den Abdrücken zeigen, welche die Fig. 6 u. 7 auf Taf. V. und 9 auf Taf. VI. wieder zu geben suchen, berechtigt die Gegenwart des Genus Salix in diesem Falle anzunehmen. Ein näherer Vergleich mit den Ab-

bildungen bei Heer zeigt bald, dass die in Frage stehenden Blattabdrücke Arten repräsentiren, welche in die zweite Abtheilung der Salixarten von Heer gehören, die er mit «*foliis integerrimis*» bezeichnet.

Unter den 6 Arten, welche sich hier darbieten, zeigt *S. angusta* entschieden die grössere Aehnlichkeit mit der armenischen Art. Dem «*foliis valde elongatis, latitudine 12—14 partibus longioribus, lanceolato-linearibus, margine subparallelis, apice valde acuminatis*», womit Heer die *S. angusta* charakterisirt, entspricht sehr wohl die langgestreckte Form, der starke Mittelnerv, der ganze subparallele Rand und die Zuspitzung, welche Kennzeichen sich am Vollständigsten in dem Fig. 7. Tab. V. abgebildeten Blatte vereinigen. Die anderen Tab. V. u. VI. abgebildeten Blätter, welche grösser sind, weniger parallele Seiten besitzen und sich namentlich von der Mitte aus nach dem Grunde zu allmählig zu verschmälern scheinen, möchten wohl einen Uebergang zu der andern als *S. longa* von Heer beschriebenen Art vermitteln, von welcher der Verfasser selbst sagt, dass sie der *S. angusta* nahe stehe und mit derselben zu vereinigen sei.

WIRBELTHIERE.

Eine genauere, durch Hrn. Akademiker Brandt geleitete, vergleichende Untersuchung der bereits p. 26—28 erwähnten Wirbelthierreste hat das in denselben wirklich Erkennungs- und Bestimmungsfähige schärfer gesondert und der nachfolgenden Beschreibung zugänglich gemacht.

I. Ord. SOLIDUNGULA.

Fam. EQUUS. Sect. ONAGRI.

ONAGER FOSSILIS.

Tab. VIII. fig. 3. u. Tab. IX. fig. 15, *a. b.*

a) Die Tab. VIII. und Tab. IX. abgebildeten Zähne gehören einer rechten Unterkieferhälfte und zwar dem vorderen Ende derselben an, sind also untere vordere Backenzähne. Sie stimmen in den wesentlichsten Charakteren mit denen überein, welche H. v. Meyer zuerst auf analoge fossile Zähne pferdeähnlicher Thiere bezog, die er *Equus primigenius* und *Equus mulus primigenius* nannte, bis Kaup alle dahin gehörigen Reste dem Begriff eines neuen Subgenus *Hippotherium* unterordnen zu müssen glaubte, welches er zwischen *Equus* und *Palaeotherium* stellte. *Caballus primigenius* Meyer, *Nova acta Leopold.* XVI; I. 448. Tab. 30. fig. 17. Tab. 31. fig. 18, *c. Mulus primigenius* Meyer l. c. XVI. p. 452. Tab. 30. fig. 15—16. Tab. 31. fig. 21—22. *Equus primigenius* v. Meyer l. c. XVI. II. 453. T. 30. fig. 5—14. *Hippotherium gracile* Kaup l. c. XVII. I. p. 171. Tab. 12^{b}. fig. 1—8. und v. Jäger, *Fossil. Säugeth. Würtemb.* Tab. V. pl. 64. 69. Tab. X. 42. *Hippotherium nanum* Kaup, *Nov. acta Leopold.* XVII. I. 180. Tab. XII. fig. 10. *Hippoth. gracile* Wagner, *Münchn. acad. Abhandl.* 1850. T. V. p. 337.

Die Uebereinstimmung, auf welche so eben hingewiesen worden, lässt sich an den Angaben prüfen, durch welche Kaup T. XVII. I. fig. 180 l. c. das *Hippotherium gracile* A. und

Hippoth. nanum B. in einen Vergleich stellt, wenn C. auf die Dimensionen der in Rede stehenden Zähne bezogen wird, deren bereits ziemlich abgenutzte Beschaffenheit ein völlig ausgewachsenes Individuum voraussetzen lässt.

	A.	B.	C.
Länge des ersten Backenzahns . . . in Millim.	0.024	0.029	0.025
» » zweiten » . . . »	0.024	0.0255	0.023
» » dritten » . . . »	0.020	0.0255	0.023
Alle drei nehmen einen Raum ein »	0.065	0.080	0.070

Diesem Vergleiche zu Folge würde das pferdeartige Thier aus Persien eine Stellung zwischen *Hippoth. gracile* und *Hipp. nanum* einnehmen, wenn überhaupt Verschiedenheiten in den absoluten Dimensionen in Vergleich gestellter Zähne für Artenunterscheidung maassgebend sein dürfen. Nicht minder gross ist nun im Kreise der lebenden Thiere die Uebereinstimmung dieser Zähne mit denen des Esels, wie sich dies aus zahlreichen Vergleichen ergiebt. — Es bilden die Esel aber eine auch äusserlich verschiedene Abtheilung von *Equus*. Demgemäss könnte es sogar fraglich werden ob Kaup's *Hippotherium* nicht mit dieser Abtheilung zu verbinden ist?

b) Der Tab. VIII. fig. 4, *a. b. c. d.* abgebildete Zahn fand sich in dem, wie alle Knochenfragmente von dem bezeichneten Fundorte, ausserordentlich mürben Bruchstück eines von Tufmasse umhüllten Kiefers eingewachsen, löste sich aber, ohne Wurzelspuren oder irgend welche, einer Alveole entsprechende Kiefertheile zu hinterlassen, ab. Der Zahn entspricht dem hintersten oberen Backenzahn eines linken Oberkiefers. Er besteht aus 5 Schmelzblechen, welche mit nach Innen gerichteter halbmondförmiger Krümmung paarweise dicht hinter einander stehend, in enger Verschmelzung einen länglich viereckigen Körper mit oblonger Basis bilden. Der Zahn ist schwach gekrümmt und verdickt sich mit einem Breitenverhältniss seiner längeren und kürzeren Seite von 1 : 0.6 dem Kronenende zu keulenförmig. Die äussere gekrümmte Zahnfläche wird durch eine vordere und mittlere sehr stark hervorspringende Längsleiste in zwei sehr flache Rinnen getheilt, welche am Kronenende in stumpfwinkelig schneidende Spitzen auslaufen und in entgegengesetzter Richtung mit sanft gewölbter Mitte sich dem Wurzelende zuneigen. Die vordere zugeschärfte Kronenkante erhält hierdurch die Form eines W. An dem inneren Paar der Schmelzbleche wiederholt sich dieselbe Zuschärfung mit einer etwas dickeren und stumpferen Kante und bedingt eine der vorderen genau parallel gestellte, innere etwas niedrigere Kronenkante, ebenfalls als W gestaltet, aber mit dem Unterschiede, dass diese Kante von dem hinteren einspringenden Winkel des W an eine Bifurcation erleidet, deren hinterer Ast die scharfe Kante der inneren Zahnseite darstellt, der vordere aber in der Mitte des hinteren Kronenrandes eine stumpfe Zahnung bewirkt, die in fig. *a.* am Besten sichtbar ist.

Das fünfte Schmelzblech nimmt einen wesentlichen Antheil an der Bildung der Krone, indem es mit seiner breiten und abgerundeten keilförmigen Spitze den einspringenden Winkel der beiden inneren Halbmonde ausfüllt. Die eigenthümliche Zahnbildung, welche diese Verhältnisse bedingen, wird durch die Abbildungen fig. 4, *a. b. c. d.* besser erläutert als die Beschreibung dies zu bewirken im Stande ist.

Der Bau dieses Zahnes, von dessen fossilen Aequivalenten es mir nirgends gelang eine befriedigende Abbildung zu finden, lässt nun wohl keinen Zweifel, dass das Thier, welchem derselbe angehörte, gleichfalls unter die Familie *Equus* in die Sectio *Asinus* zu stellen ist, da auch der hintere Oberzahn von *Equus hemionus* «Dschiggetei in der Mongolei» und von *Asinus* einen sehr ähnlichen Bau zeigen. Es wird somit sehr wahrscheinlich, dass die Zähne unter *a* u. *b* ein und derselben Thierart angehören und die Vermuthung liegt nahe, in derselben den fossilen Repräsentanten der Stammältern des in Asien einheimischen Onager oder «wilden Esel» erkennen zu dürfen, von welchem die Alten so viel zu erzählen wussten. Strabo setzt die Onagri nach Cappadocien, Varro und Plinius nach Kleinasien überhaupt. Onagri in *Phrygia et Lycaonia praecipui hist. nat.* Lib. VIII. cap. 69. Ammian Marcellin lässt sie im Lande der Kurden zu Haus sein. Nach der Meinung von Brandt könnte dorthin allerdings das Vaterland des Esels zu setzen sein; dagegen ist er der Ansicht, dass Alles, was Pallas und Rubruquis von Onager und Kulan sagen, lediglich auf den Djiggetei, «*Equus hemionus*» *Pall.*, und nicht auf den ächten Onager der Alten zu beziehen ist.

Die in dem Vorstehenden angedeuteten Wahrscheinlichkeitsgründe eines Zusammenfallens der vorliegenden, die Kennzeichen des Hippotherium zeigenden fossilen Zähne mit denen des *Equus asinus* haben mich bewogen, das Thier dem dieselben angehörten, als *Onager fossilis* aufzuführen, eine Benennung, welche die Vorstellung von dem geologischen Alter des Fossils nicht irre zu leiten droht.

II. Ord. RUMINANTIA.

Fam. CERVINA.

Gen. CERVUS spec. indet.

Tab. VIII. fig. 5, *a. b.*

Der auf der citirten Tafel abgebildete Ersatzzahn aus einem Oberkiefer fand sich unter gleichen Umständen wie der zuvor unter *b.* beschriebene in innigster Berührung mit zerfallenden, vom Tuf umhüllten Alveolenrudimenten.

Von zwei Paaren hinter einander stehender halbmondförmiger Schmelzbleche ist nur das vorderste des äusseren Paares mit seiner vorderen Leiste stark entwickelt, das hintere Schmelzblech desselben Paares ist abgebrochen und nur an der Basis vorhanden; das innere Paar ragt an der ihm zukommenden Stelle hervor; ein kleineres Schmelzblech, einem accessorischen Knochencylinder entsprechend, schliesst sich der Mitte des inneren Paares, den Grundzügendes Zahnbaues entsprechend, an, wie er den hirschartigen Thieren eigenthümlich ist.

Die bedeutende Vertretung des Genus *Cervus* am Orte der Knochenablagerungen von Magara wird ausserdem noch durch mehrere Unterkieferfragmente bewiesen, die alle auf Formen hinführen, welche mit den entsprechenden Kopftheilen lebender und fossiler Hirscharten befriedigend übereinstimmen. — Dahin gehören auch ein Stirnzapfen mit dem *supra-orbitalis ossis frontis*, mehrere basale Geweihstücke und Fragmente von Geweihschaufeln. Eine Anzahl

gut erhaltener Gelenkknochen findet in ihrer Anwendung auf *Cervus* hier gleichfalls eine befriedigende Deutung.

III. Ord. PACHYDERMATA.

Knochenfragmente von ansehnlichen Dimensionen, nebst Zahnbruchstücken, deren Struktur auf Stosszähne deutet, beweisen die gleichzeitige Existenz elephantenartiger Thiere neben den Repräsentanten von *Equus* und *Cervus* an dem bezeichneten Orte. Der unvollkommene Zustand dieser Pachydermenreste gestattet aber keine weitere, nur einigermaassen sichere Schlüsse, weder auf die Familie noch das Genus, welchen dieselben angehört haben.

Es ergiebt sich nun aus dem Vorstehenden, dass die bis jetzt aus der Knochenablagerung in Azerbeidjan erhaltenen Reste nicht genügen, um die geologische Periode mit Bestimmtheit zu fixiren, welcher jene Fauna angehört hat.

Die zoologischen Gründe, welche einer unbedingten Identificirung der Zähne von dem pferdeartigen Thiere aus Azerbeidjan mit denen des Hippotherium Europa's in dem vorliegenden Falle entgegenstehen, bringen die Zeit, in welcher jene Thiere lebten, unserer gegenwärtigen Periode bei Weitem näher als es die auf p. 26 adoptirte Vorstellung gestattet. Auch vermögen petrographische Gründe von Belang den Mangel an genügenden Angaben über die geognostischen Verhältnisse der Lagerstätte der Knochenüberreste von Maraga durch die sehr wahrscheinliche Vermuthung zu ersetzen, dass es Löss- und Diluvialbildungen sind, in welche jene Quadrupedenreste durch Strömungen von Landgewässern geführt und am Südfusse des Sehändgebirges begraben worden sind. Als Aequivalentschichten dieser muthmaasslichen Diluvialbildungen sind die auf Tab. X. fig. 10 unter *e.* u. *f.* angedeuteten Trachyttufe und Trachytconglomerate am Ostabhange des Sehändgebirges aufzufassen, deren mineralogischer Bestand eine grosse Aehnlichkeit mit den trassartigen Tufen auf der Südseite des Gebirges bei Maraga erkennen lässt.

Uebersichts-Tabelle.

Auf der folgenden Tabelle, welche eine vollständige Uebersicht der Verbreitung der abgehandelten Arten bezweckt, haben die für die einzelnen Colonnen in Anwendung gebrachten Buchstaben folgende Bedeutung:

a. entspricht dem Bryozoen- und Foraminiferen-Kalkstein der Urmiasee-Umgebung,

b. dem p. 14—17 näher bezeichneten Supra-Nummulitenkalk von Malischkent und Maku,

c. den p. 4 erwähnten vothen Sandsteinen und Mergeln, *gypsiferous series* von Loftus,

d. den p. 19 als Supra-Nummulitenkalk aufgefassten Schichten von Aschkala auf der Hochebene von Erzerum; dem Kalkstein *b.* Tab. X. fig. 9. bei Bajazid; dem Korallenkalk p. 17 bei Karakilissa.

e. begreift sämmtliche Fundorte miocener Fossilien im Taurus, welche Tschikatschef, *Bullet. de la soc. géol.* Tom. VII. u. IX. p. 366 etc. angiebt, vorzüglich von Bostaneson und Selefké.

f. entspricht dem *Calcaire moëllon* von Marcel de Serres, *Géogn. du midi de la France* p. 94,

g. den Schichten des *Terrain falunien supérieur* de la Touraine et de l'Anjou, Montpellier; *Crag* de Souffolk et d'Anvers etc.

h. dem Leithakalk der österreichischen Geologen nach Czjżek, *Erläuterungen zur geolog. Karte der Umgebung von Wien* p. 20,

i. dem Tegel des Wiener Beckens nebst den Aequivalentbildungen in der Schweiz, Deutschland, dem Becken von Mainz, Podolien, Volhynien etc.

k. den Hügeln von Turin mit den Aequivalentschichten derselben in der Grafschaft Nizza, in Piemont, Tortona, Castel nuovo etc.

l. bezeichnet die aequivalenten Bildungen des *Terrain falunien supérieur* in Griechenland (*plaine d'Argos*) in Morea nach Deshayes in *Exped. de Morée* T. II. p. 316—313.

---

* bedeutet das Vorkommen überhaupt,

† das Vorkommen bisher nicht beschriebener Arten,

*? vermuthete Identität mit angeführten, aber nicht beschriebenen Arten.

№	Gattungen und Arten.	Seite.	Tafel.	Figur.	Persien.	Armenien.		Klein-Asien.		Frankreich.		Deutschland.		Italien.	Griechenland
					a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.	k.	l.
	Polypen.														
1.	Astraea Guettardi Defr.	31	II.	4, *a. b. c.* V. 5.	*	•	•	•	*	•	*	•	•	*	•
2.	» Ellisiana Defr.	32	II.	5, *a. b. c.*	*	•	•	*	*	•	•	•	•	*	•
3.	» Defrancii M. E.	35	IX.	6, *a. b.*	*	•	•	•	*	•	*	•	•	•	•
4.	» grandistella n. sp.	34	II.	3, *a. b.*	†	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5.	Prionastraea irregularis M. E. . .	33	V.	4, *a. b. c. d. e.*	•	•	•	*	*	•	*	•	•	•	•
6.	Cladocora manipulata Mich. . . .	36	VIII.	2, *a. b.*	•	*	•	•	•	•	•	•	•	*	•
7.	» articulata n. sp.	38	VIII.	1, *a. b.*	•	†	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8.	Phyllocoenia d'Archiaci M. E. .	49	VII.	5, *a. b.*	*	•	•	•	•	•	*	•	•	•	•
9.	Porites polymorpha n. sp.	42	IX.	1, *a. b. c. d. e.*	†	†	•	•	*?	•	•	•	•	•	•
10.	» leiophylla Reuss.	43		. . . . .	*	*	•	•	*?	•	•	*	•	•	•
11.	Litharaea ramosa M. E.	44	IX.	12, *a. b. c. d. e.*	•	•	•	*	*?	•	*	•	•	•	•
	Foraminiferen.														
12.	Robulina depressa Mich.	46	IX.	4.	•	*	•	•	•	•	•	•	•	*	•
13.	Polystomella quaterpunctata n. sp.	47	IX.	8, *a. b.*	†	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
14.	Quinqueloculina incerta d'Orb. . .	47	VIII.	2, *c.*	•	*	•	•	•	•	•	*?	•	•	•
	Bryozoen.														
15.	Ceriopora palmata d'Orb	48	IX.	13. *a. b.* . . .	*	*	•	•	•	*	•	*	•	•	•
16.	Polytrema spongios*a* Phil.	50	IX.	3.	*	•	•	•	•	•	•	*	•	•	•
17.	Cellepora gracilis v. Münst. . . .	50	IX.	14.	*	•	•	•	•	•	•	*	•	•	•
18.	Diastopora gemmifera n. sp. . . .	49	IX.	7, *a. b.*	†	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
19.	Membranipora fenestrata Eichw.	51	IX.	17.	*	•	•	•	•	•	•	•	*	•	•
20.	Ceriopora anomala n. sp.	51	IX.	2. 16, *a. b. c. d. e.*	†	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Radiarien.														
21.	Clypeaster altus var. turritus Phil.	53	III.	2, *a. b. c. d.* .	*	*	•	•	*?	*	*	*	•	*	•
22.	» diversicostatus n. sp. .	55	VII.	1, *a. b. c.* . .	†	•	•	•	•	•	•	•	•	*?	•
23.	Schizaster Genei Sism.	58	VII.	2, *a. b.*	•	*	•	•	•	•	•	•	•	*	•
24.	Echinolampas complanatus n. sp.	56	IV.	1, *a. b.*	†	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
25.	» pyramidalis n. sp. .	57	IV.	2, *a. b. c.*	•	†	•	*	*?	•	•	•	•	•	•
	Acephalen.														
26.	Pecten scabriusculus Math. . . .	58	I.	1, *a. b. c.*	•	•	•	*	•	*	•	•	•	•	•
27.	» planocostatus n. sp.	59	I.	7.	†	•	•	†	•	•	•	*?	•	•	•
28.	» convexo-costatus n. sp. . .	60	I.	4. 6, *c.*	†	•	•	†	•	•	•	*?	•	•	•
29.	» benedictus Lam.	61	I.	3, *a. b. c. d.* 4, *a.* 5, *a. b.* 8.	*	*	•	•	*	*	•	•	•	•	•
30.	» burdigalensis Lam.	62			*	•	•	*	*	•	*	•	*	•	•
31.	» maximus Linn.	63	IV.	3.	*	•	•	•	•	•	•	•	•	*	•
32.	» flabelliformis Brocc. . . .	63	VII.	6.	*	•	•	*	*?	•	*	•	*	*	*
33.	» simplex Mich.	64	VII.	3.	*	•	•	•	•	•	•	•	•	*	•
34.	» varius.	27		. . . . .	*	•	•	•	*	•	•	•	•	*	*
35.	Spondylus bifrons Goldf.	65	I.	2, *a. b.*	*	•	•	•	•	•	•	•	*	•	•

№	Gattungen und Arten.	Seite.	Tafel.	Figur.	Persien.	Armenien.		Klein-Asien.		Frankreich.	Deutschland.		Italien.	Griechenland
					a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.	k.	l.
36.	Ostraea Virletti Desh.	66	III. 1. 2. V. 1. 2.		*	*	•	•	*?	*?	•	*?	•	•	*
37.	» excavata Desh.	67	II. 1, *a. b.* 2, *a. b.*		*	•	•	*	•	•	•	•	•	•	*
38.	» lamellosa Lam.	68	V. 3, *a. b.*		*	*	•	*	*	•	•	•	•	•	*
39.	Anomia striata Brocch.	69	VI. 8, *a. b.*		•	•	*	•	•	•	•	•	•	*	•
40.	Mytilus aramaeus n. sp.	69	VI. 7, *a. b.*		•	•	*	•	•	•	*?	•	•	•	•
41.	Modiola lithophaga.	68	. . . . .		•	•	•	*	*	*	*	•	•	*	*
42.	Cyrena undata n. sp.	70	VI. 1, *a. b.*		•	•	†	•	•	•	•	•	•	•	•
43.	Cytherea erycinoides Lam.	71	VI. 2, *a. b. c.*		•	•	*	•	*?	•	•	•	•	•	•
44.	Venus gregaria Partsch.	72	VI. 3, *a. b. c. d.* . .		•	•	*	•	*	•	•	•	*	•	•
45.	» incrassata Sow.	73	VI. 4, *a. b.*		•	•	*	•	•	•	•	•	*	•	•
46.	» fallax n. sp.	74	VI. 12, *a. b. c.* . . .		•	•	†	•	•	•	•	•	•	•	•
47.	» annulata n. sp.	74	VI. 13, *a. b.*		•	•	†	•	•	•	•	•	•	•	•
48.	Saxicava rustica Brocc.	75	VI. 5, *a. b.*		•	•	*	•	•	•	*	•	•	*	•
	Gasteropoden.														
49.	Cerithium margaritaceum Brocc.	75	VI. 10.		•	•	*	•	•	•	*	•	*	•	•
50.	» plicatum Brug.	76	VI. 11.		•	•	*	•	•	•	*	•	*	*	•
51.	» tricinctum Brocc. . . .	77	. . . . .		•	•	*	•	•	•	*	•	•	*	*
52.	Fusus Burdigalensis	77	. . . . .		•	•	*	•	•	•	*	•	*	•	•
53.	Haliotis Philberti M. de Serr. . .	78	VII. 4, *a. b.*		*	•	*	•	•	*	•	•	*?	•	•
											15	6 3?	7 1?	15 1?	
											Schweiz.	Tyrol.	Baiern.	Steierm.	
	Pflanzen.														
54.	Cyperites canaliculatus Heer . . .	79	IX. 10.		•	•	*	•	•	•	*	•	•	•	•
55.	» Deucalionis Heer	80	. . . . .		•	•	*	•	•	•	*	•	•	•	•
56.	Phragmites oeningensis Heer . .	80	VI. 9. V. 7.		•	•	*	•	•	•	*	•	•	•	•
57.	Podocarpus eocenica Endl.	80	V. 7.		•	•	*	•	•	•	*	•	*	*	•
58.	Salix angusta A. Braun.	80	V. 6. VI. 6.		•	•	*	•	•	•	*	*	•	•	•
59.	Agavites araratica n. sp.	80	IX. A. 1, *a. b. c.* . .		•	•	*	•	•	•	•	•	•	•	•
					30	12	19	12	9 8?	5	5	1	1	1	7

Unter den 59 Arten, welche aus den unter *a. b. c.* u. *d.* verstandenen Schichten abgehandelt worden sind, waren nur 14 nicht auf bereits beschriebene zurückzuführen. Alle übrigen entsprechen solchen Arten, welche in den europäischen Ländern als charakteristisch für die Ablagerungen der mittleren und der oberen Molasse zu betrachten sind. Der Kalkstein vom Urmiasee lieferte von dieser Gesammtzahl bekannter Arten allein 28, der Supra-Nummulitenkalk in Armenien und Klein-Asien 12 und die bunten Sandsteine und Mergel 18 Arten. Von den 40 Arten, welche in dem Supra-Nummulitenkalk *a. b. c. d.* auf der Gränze von Klein-Asien und Persien

*

einem gemeinsamen geognostischen Horizonte angehören, haben 9 in aequivalenten Kalkschichten des westlichen und südlichen Klein-Asiens *e.* bestimmte, 8 dagegen nur wahrscheinliche Repräsentanten. Im Calcaire moëllon finden sich davon 5 und im Leithakalk des Wiener Beckens 8 vertreten.

Von den 18 Arten aus den Schichten, die der *Gypsiferous series* von Loftus *c.* entsprechen, waren 4 nicht bekannt, 14 dagegen sind identisch mit solchen, welche in Europa die Schichten der oberen Molasse (*Terrain falunien supérieur*) bezeichnen und zum Theil noch jüngeren Bildungen angehören.

In den Angaben der vorstehenden Tabelle sind Grundzüge der wechselnden Zustände zu erkennen, welche die Natur während eines der wichtigsten Zeitabschnitte der Entwickelungsgeschichte unserer Erde in jenen denkwürdigen Ländern entfaltete, die bestimmt waren, die ersten Wohnplätze unseres Geschlechtes zu werden.

Jener Abschnitt umfasst die zweite Hälfte der gesammten Tertiairzeit, in welche die Ablagerung aller der Bildungen fällt, die nach dem Vorgange von Deshayes und Lyell bisher als miocen und pliocen aufgefasst worden sind und für welche Hörnes kürzlich die sehr naturgemässe Collectivbenennung neogene Bildungen vorgeschlagen hat.

Die Tabelle führt in einer verhältnissmässig nur sehr kleinen Reihe von Specien nach einander Repräsentanten derselben Formen vor, welche für die verschiedenen lokalen Abtheilungen charakteristisch sind, in welche die neogenen Bildungen in Europa ohne Anspruch auf allgemein gültige scharfe Begränzungen der aufgestellten Gruppen zerfallen.

Der grosse Reichthum an organischen Resten, welche die Schichten jener Abtheilungen in Europa einschliessen, contrastirt auffallend mit der Armuth synchronischer Ablagerungen an fossilen Einschlüssen in Hoch-Armenien und Persien. Wohl erhaltene Fossilien erscheinen hier streng genommen nur in den aequivalenten Kalkschichten des Calcaire moëllon *a.* u. *b.* — Alles was in den jene Kalke überlagernden Mergeln und Sandsteinen vorkömmt, «*Gypsiferous series*», ist mehr oder minder Steinkern; der Kalk ist meistens ganz entfernt, oder wie in *c.* durch thoniges Eisenoxyd ersetzt; nur grosse Ostreen sind den zerstörenden Einflüssen, welchen die begrabenen Muscheln ausgesetzt waren, theilweis entgangen. Fischreste sind in diesen Schichten bisher noch nicht gefunden, eben so wenig Crustaceen. Alles deutet auf das Vorherrschen solcher Umstände, welche dem Bestehen des Molluskenlebens im oceanischen Element verderblich oder zuwider waren, so wie auf eine Steigerung dieser Verhältnisse mit der Annäherung an unsere gegenwärtige Epoche.

NB. Es ist zu bemerken, dass sämmtliche im Text vorkommende Citate früherer Seiten sich auf die kleineren Zahlen in Parenthese beziehen.

Erläuterungen zu den Tafeln I bis IX A.

Erste Tafel.

		Pag.
Fig. 1, *a. b. c. d.*	Pecten scabriusculus Matheron	116 (58)
2, *a. b.*	Spondylus bifrons Münster	123 (65)
3, *a. b. c. d.*	Pecten benedictus Lamark	119 (61)
4, *a.*	derselbe	119 (61)
4, *b. c.*	Pecten convexo-costatus n. sp.	118 (60)
5, *a. b.*	Pecten benedictus Lamark	119 (61)
6, *a. b.*	Pecten incert. von Enzesfeld bei Wien	119 (61)
7	Pecten plano-costatus n. sp.	117 (59)
8	Pecten benedictus Lamark	119 (61)
9, *a. b.*	Pecten spinulosus von Gainfahren bei Wien	117 (59)

Zweite Tafel.

Fig. 1, *a. b.*	Ostraea excavata Deshayes	125 (67)
2, *a. b.*	dieselbe Art	125 (67)
3, *a. b.*	Astraea Grandistella n. sp.	92 (34)
4, *a. b. c.*	Astraea Guettardi Defrance	89 (31)
5, *a. b. c.*	Astraea Ellisiana Defrance	90 (32)

Dritte Tafel.

Fig. 1, *a. b.*	Ostraea Virletti	124 (66)
2, *a. b. c. d.*	Clypeaster altus Lam. var. turritus Philippi	111 (53)

Vierte Tafel.

Fig. 1, *a. b.*	Echinolampas complanatus n. sp.	114 (56)
2, *a. b. c.*	Echinolampas pyramidalis n. sp.	115 (57)
3	Pecten maximus Linneus	121 (63)

Fünfte Tafel.

Fig. 1, *a. b.*	Ostraea Virletti Deshayes	124 (66)
2	dieselbe Art	124 (66)
3	Ostraea lamellosa Brocchi	126 (68)
4, *a. b. c. d. e.*	Prionastraea irregularis Milne Edwards et J. Haime	91 (33)
5	Astraea Guettardi Defrance	89 (31)
6	Salix angusta Heer	140 (82)
7	Salix angusta. Podocarpus eocenicus	140 (82)

Sechste Tafel.

Fig. 1, *a. b.*	Cyrena undata n. sp.	128 (70)
2, *a. b. c. d.*	Cytherea erycinoides Lamark	129 (71)
3, *a. b. c. d.*	Venus gregaria Partsch	130 (72)
4, *a. b.*	Venus incrassata Sowerby	131 (73)

Pag.

Fig. 5, *a. b.*... Saxicava rustica Brocchi.....133 (75)
6..... Salix angusta A. Braun.....140 (82)
7..... Mytilus aramaeus n. sp.....127 (69)
8, *a. b.*... Anomia striata Brocchi.....127 (69)
9..... Cyperites Deucalionis Heer.....138 (80)
10..... Cerithium margaritaceum Brocchi.....133 (75)
11..... Cerithium plicatum Bruguière.....134 (76)
12..... Venus fallax n. sp.....132 (74)
13..... Venus annulata n. sp.....132 (74)

Siebente Tafel.

Fig. 1, *a. b. c. d.* Clypeaster diversicostatus n. sp.?.....113 (55)
2, *a. b.*.... Schizaster Genei Sismonda.....116 (58)
4, *a. b.*.... Haliotis Philberti Marcel de Serres.....136 (78)
5, *a. b.*.... Phillocoenia Archiaci?..... 98 (40)
6..... Pecten flabelliformis Brocchi.....121 (63)
7. 8. 9.... Multiloculiden.....106 (48)

Achte Tafel.

Fig. 1, *a. b.*.... Cladocora articulata n. sp..... 96 (38)
2, *a. b. c.*.. Cladocora manipulata? Mich..... 94 (36)
3..... Onager fossilis n. sp.....141 (83)
4, *a. b. c.*.. Onager fossilis n. sp.....141 (83)
5, *a. b.*.... Cervus spec. indeterm.....143 (85)

Neunte Tafel.

Fig. 1, *a.b.c.d.e.* Porites polymorpha n. sp.....100 (42)
2..... Ceriopora anomala n. sp.....109 (51)
3..... Polytrema spongiosa Philippi.....108 (50)
4..... Robulina depressa d'Orbigny.....104 (46)
5..... Multiloculina.....106 (48)
6, *a. b.*... Astraea Defrancii Milne Edwards et J. Haime..... 93 (35)
7, *a. b.*... Diastopora gemmifera n. sp.....107 (49)
8, *a. b.*... Polystomella quaterpunctata n. sp.....105 (47)
9..... Multiloculina.....106 (48)
10..... Phragmites oeningensis Heer.....137 (79)
11..... Quinqueloculina spec. incerta.....105 (47)
12, *a.b.c.d.e.* Litharaea ramosa Milne Edwards et J. Haime.....102 (42)
13, *a. b.*... Ceriopora palmata d'Orbigny.....106 (48)
14..... Cellepora gracilis v. Münster.....108 (50)
15, *a. b.*... Onager fossilis n. sp.....141 (83)
16, *a.b.c.d.e* Ceriopora anomala n. sp.....109 (51)
17..... Membranipora fenestrata Eichw.....109 (51)

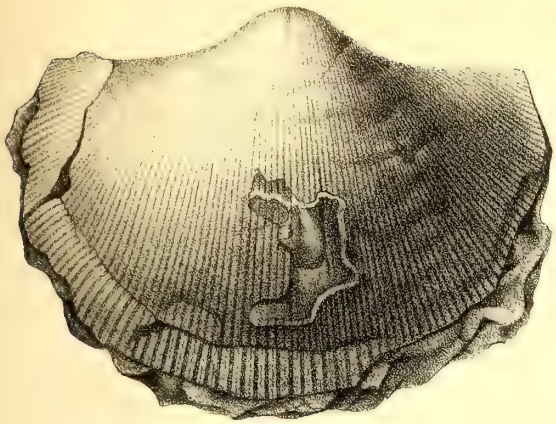
Neunte Tafel A.

Fig. 1, *a. b. c.*.. Agavites araratica nov. gen.....138 (80)

Zehnte Tafel.

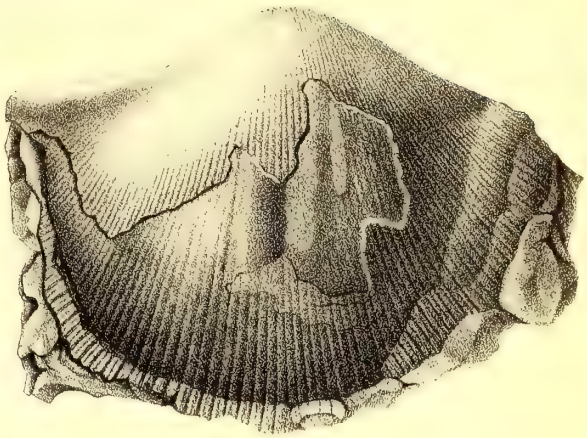
Fig. 1 bis 11... Profile.

1.a.



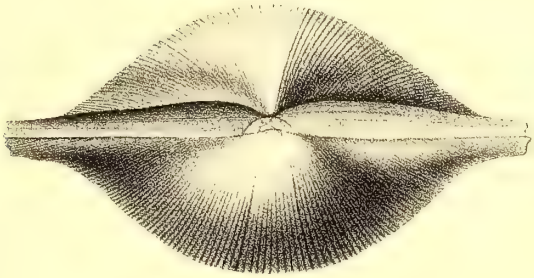
1.d

1.b

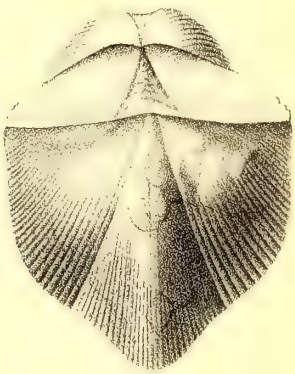


2.a

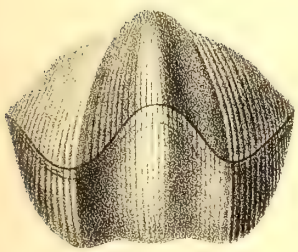
1.c.



2.b



2.c

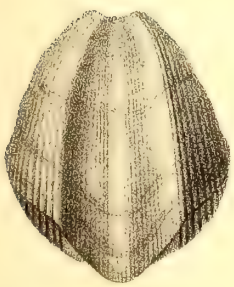


1.e

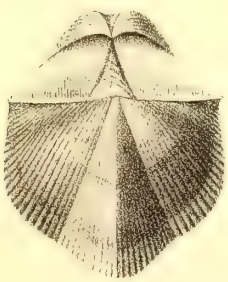
1.f

2.d

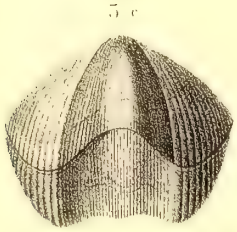
3.a



3.b

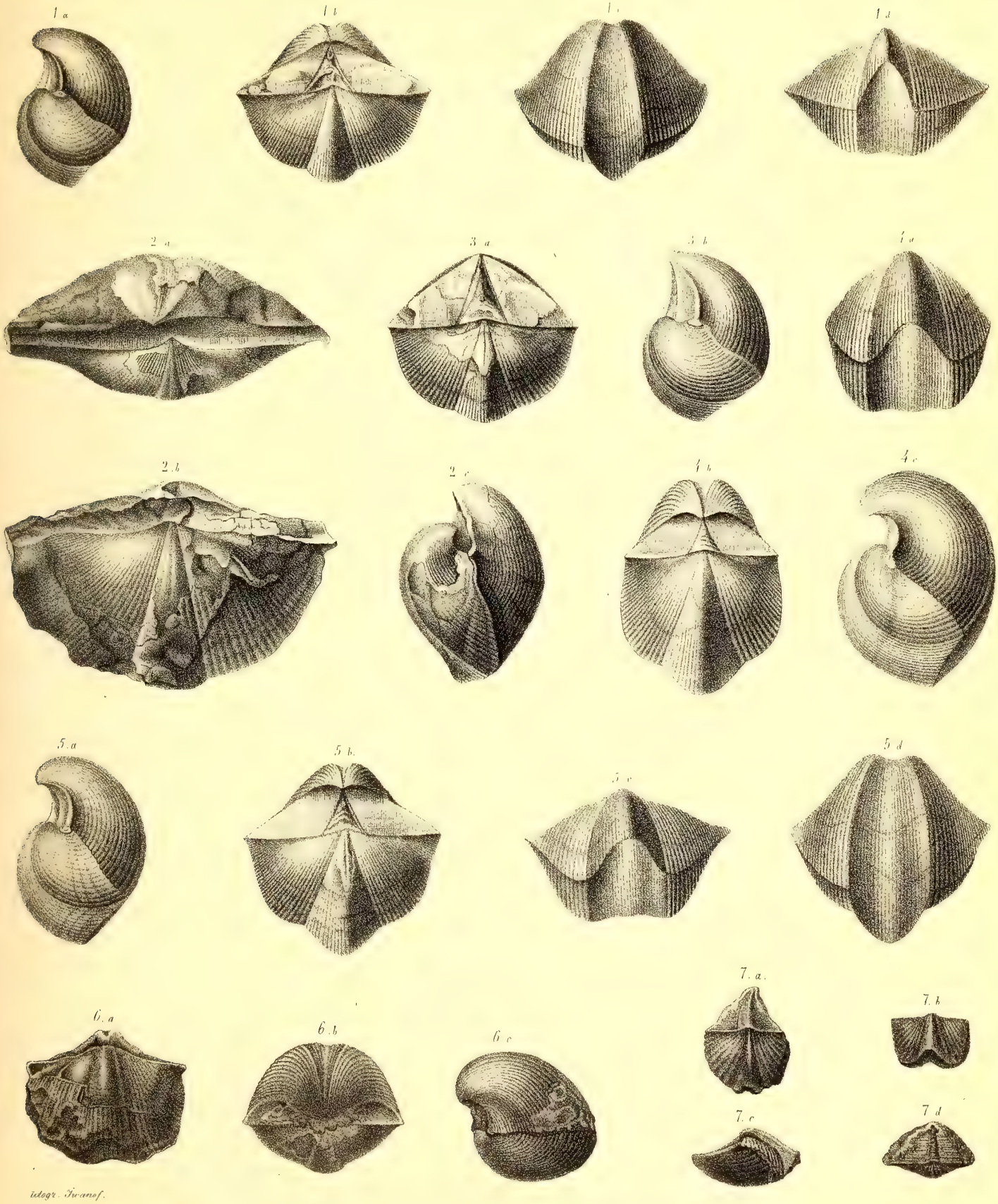


3.c

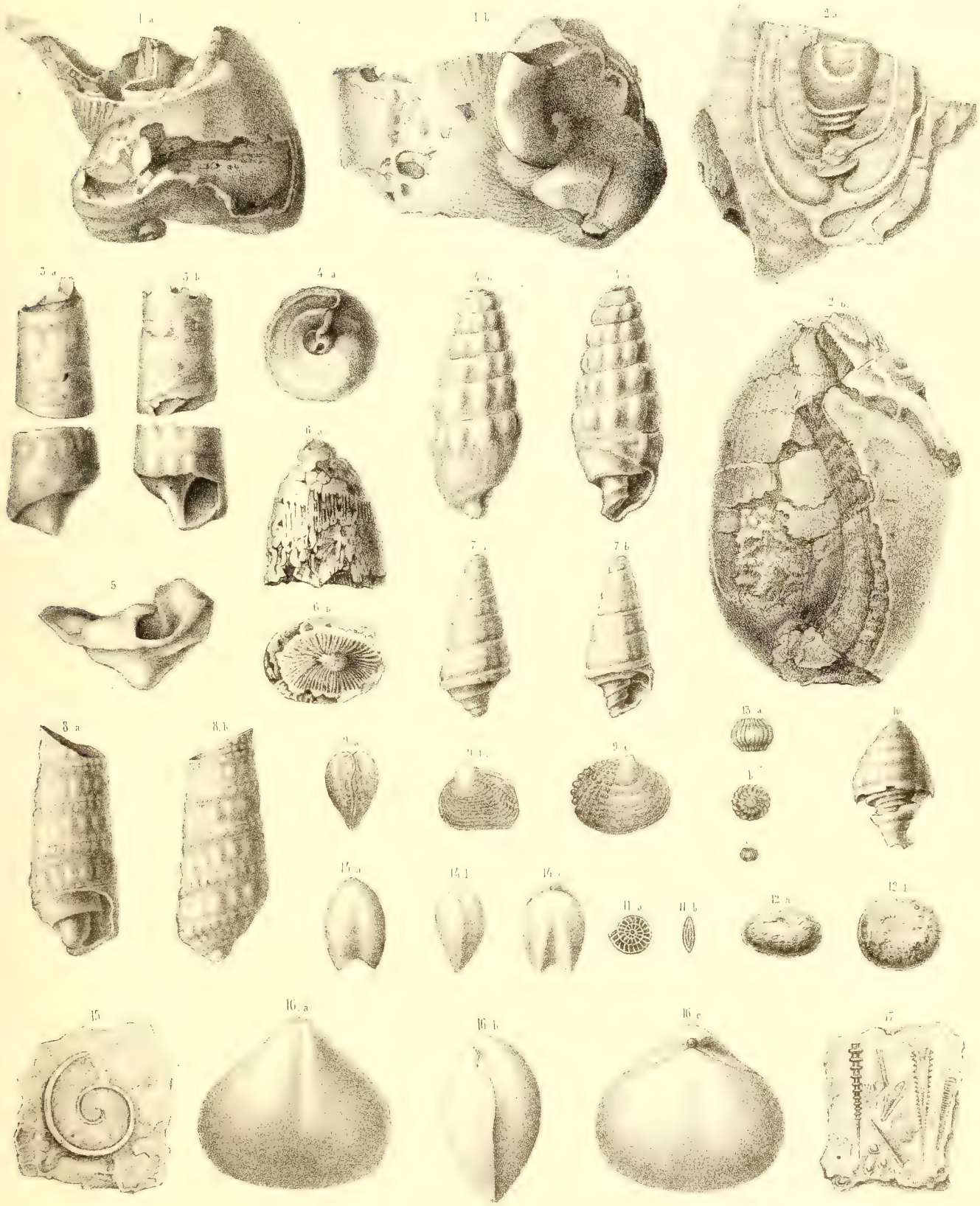


3.d

Ichogr. Iwanoff



Lithogr. Iwanof.



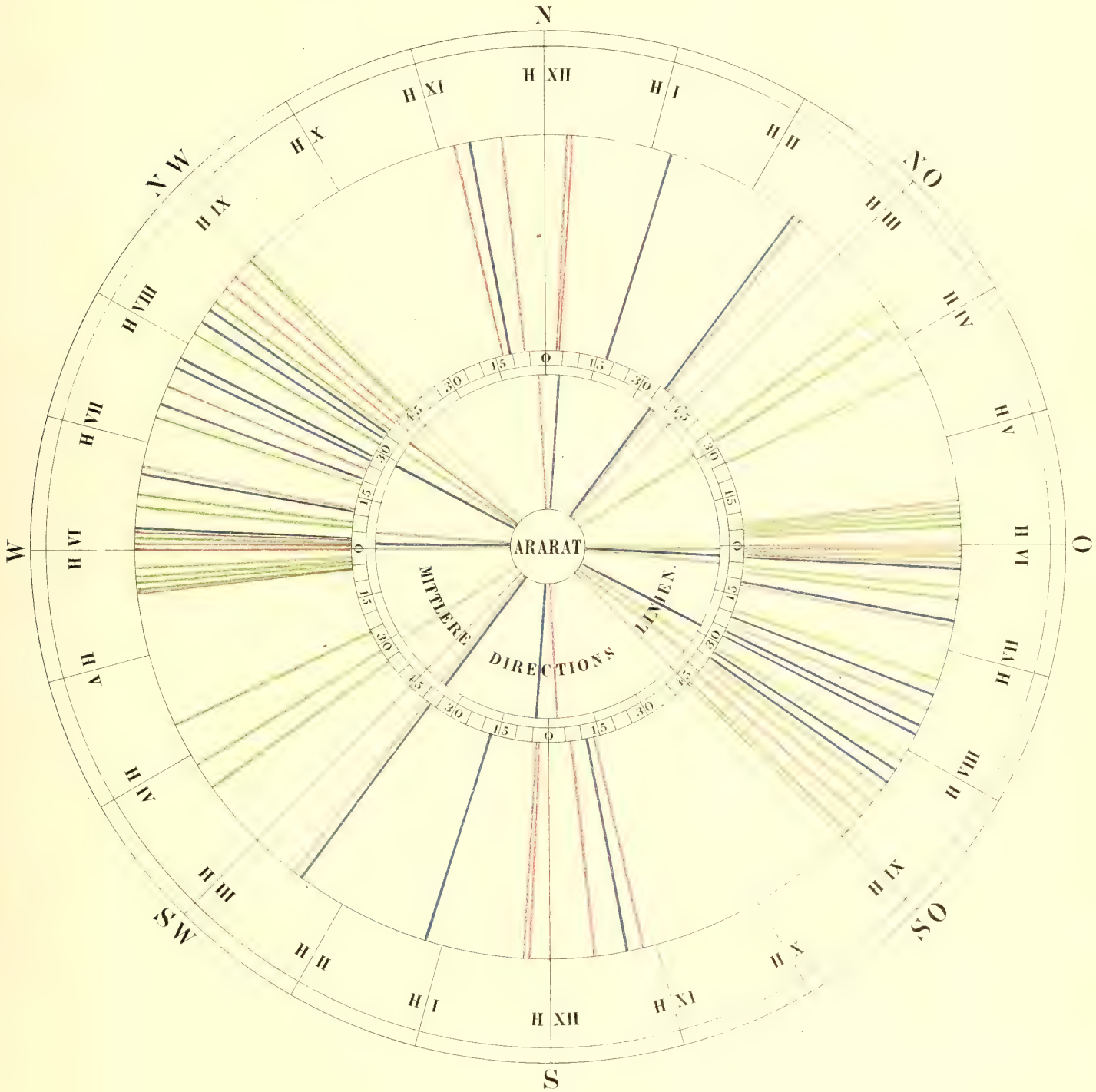
Lithogr. P. Iwanoff.

ad nat. del. Abich.

DIRECTIONS ROSE

für die geodaetisch orientirten

GEBIRGS-ERHEBUNGEN im KAUKASUS ARMENIEN und NORDPERSIEN.



GEBIRGS-ERHEBUNGEN.

im Kaukasus.

in Armenien.

in Nordpersien.

...vistavi

levé à l'aide

Formation de schist

Nordost

S t e p p e

Kulpi 3

Hoch

35

ch Nordost von der Hochebene des Sina

Nordost

S rat 15914

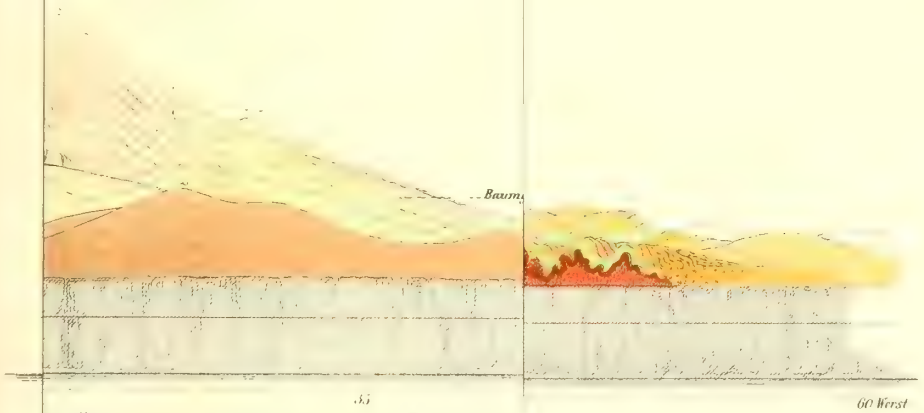
über Bajazid 7288

Kl. Ararat 11960

Gletscherschlucht am gr. Ararat 11390

Pambugdag

Eruption



35

60 Werst

en Fusse des Ararat bis zum Araxes in

Farben.

h

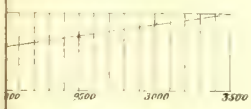
natischer geo-
ahrscheinlich
erthig mit den
nter f.

Palaeozoische Formation; bestehend aus einer mächtigen Bergkalk-Etage, einer oberen kalkigen u. einer unteren sandsteinreichen u. schiefrigen Etage devonischer Schichten.

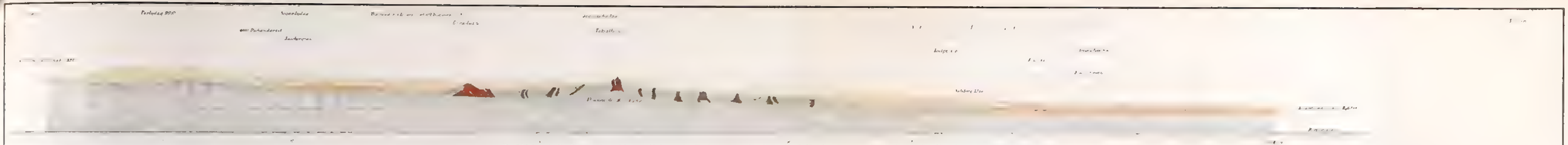
n

Alter rother Porphyr mit Orthoklas und Quarz; Diorit u. Diabas; palaeozische Gesteine von h durchbrechend

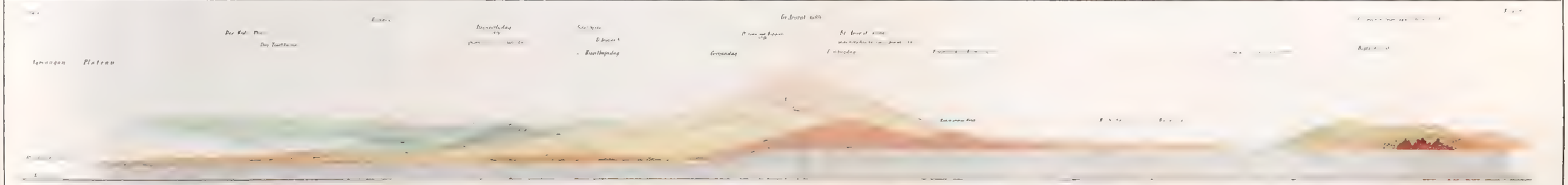
naassstab



rösse dargestellt

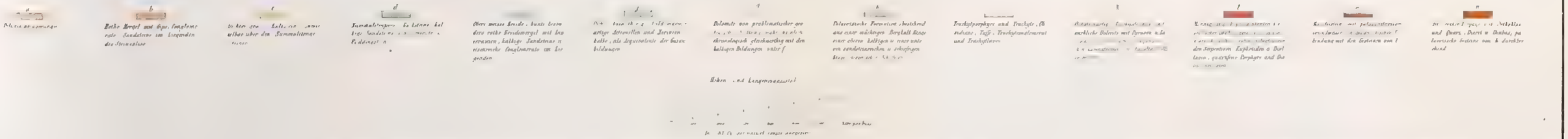


Profil I durch die Steinsalzmulde von Kulpi in der Richtung von Südwest nach Nordost von der Hochebene des Sinak bis zum Araxes



Profil II durch die Hochebene von Bajazid den Bambugdag die Kassikayaberge am nordwestlichen Fusse des Ararat bis zum Araxes in der Richtung von Südwest nach Nordost

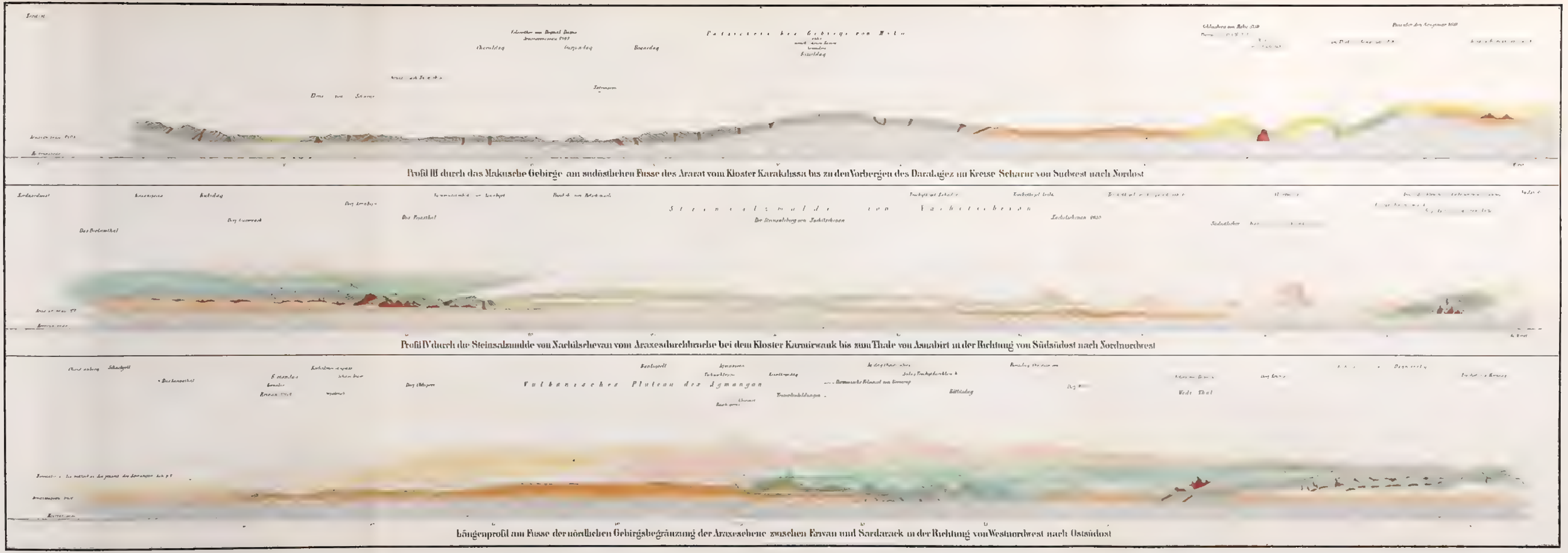
Erklärung der Farben



oster Karakilissa bis z

dem Kloster Karmirwa

sebene zwischen Eriva

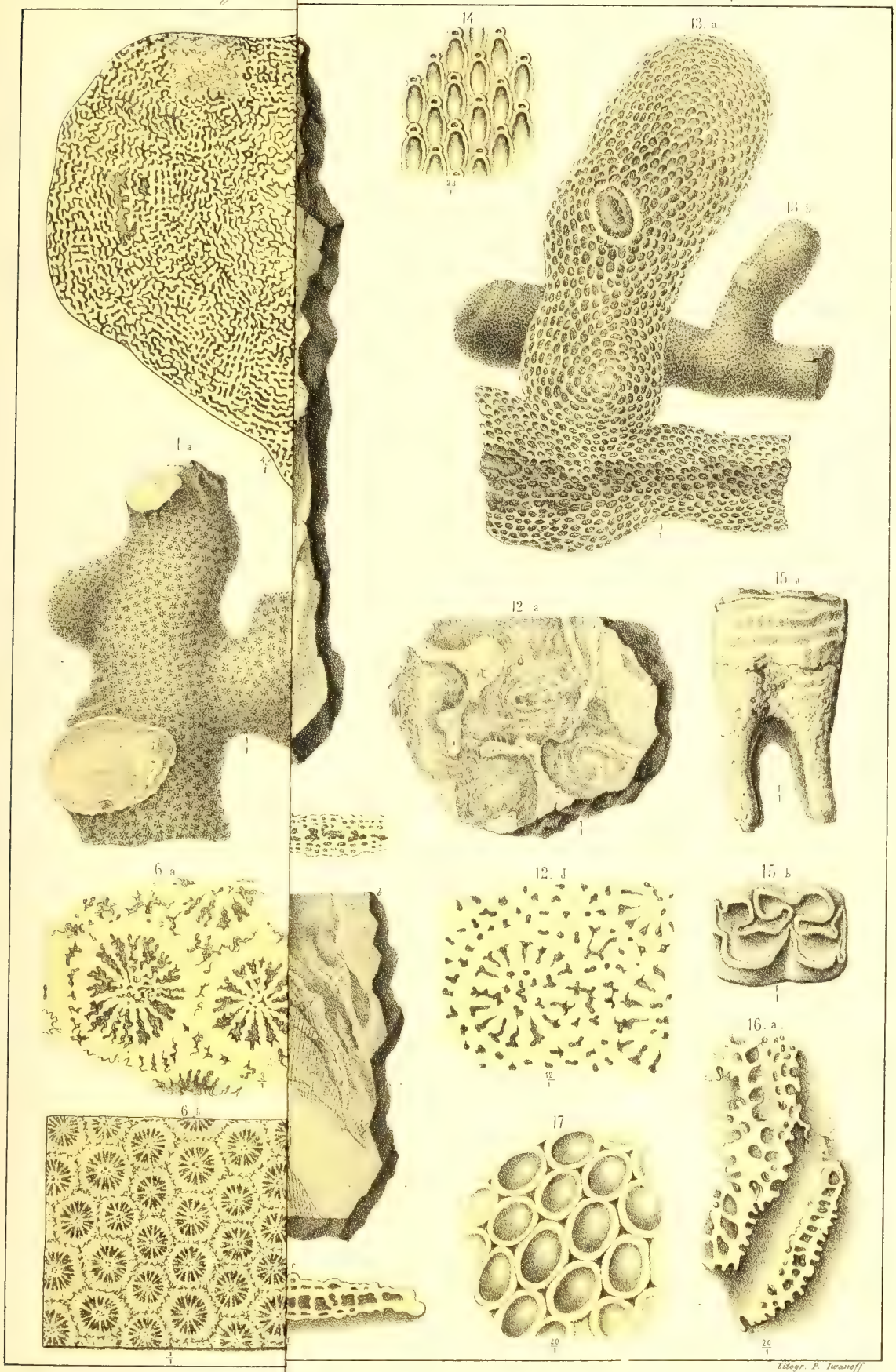


Profil III durch das Makusche Gebirge am südöstlichen Fusse des Ararat vom Kloster Karakilissa bis zu den Vorbergen des Daralagez im Kreise Scharur von Südwest nach Nordost

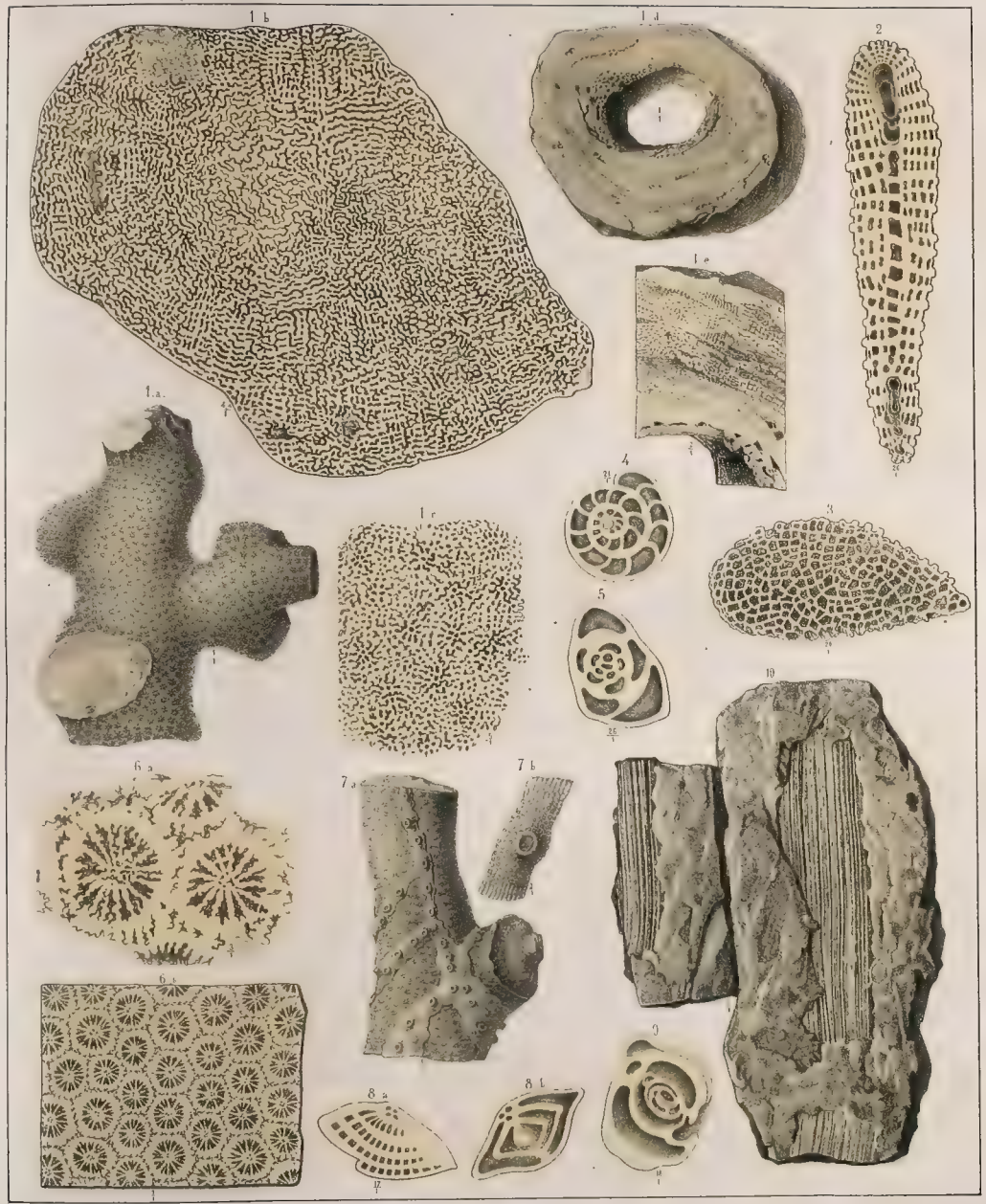
Profil IV durch die Steinsalzmulde von Nachitschevan vom Araxesdurchbruche bei dem Kloster Karmirwank bis zum Thale von Asnabirt in der Richtung von Südsüdost nach Nordnordwest

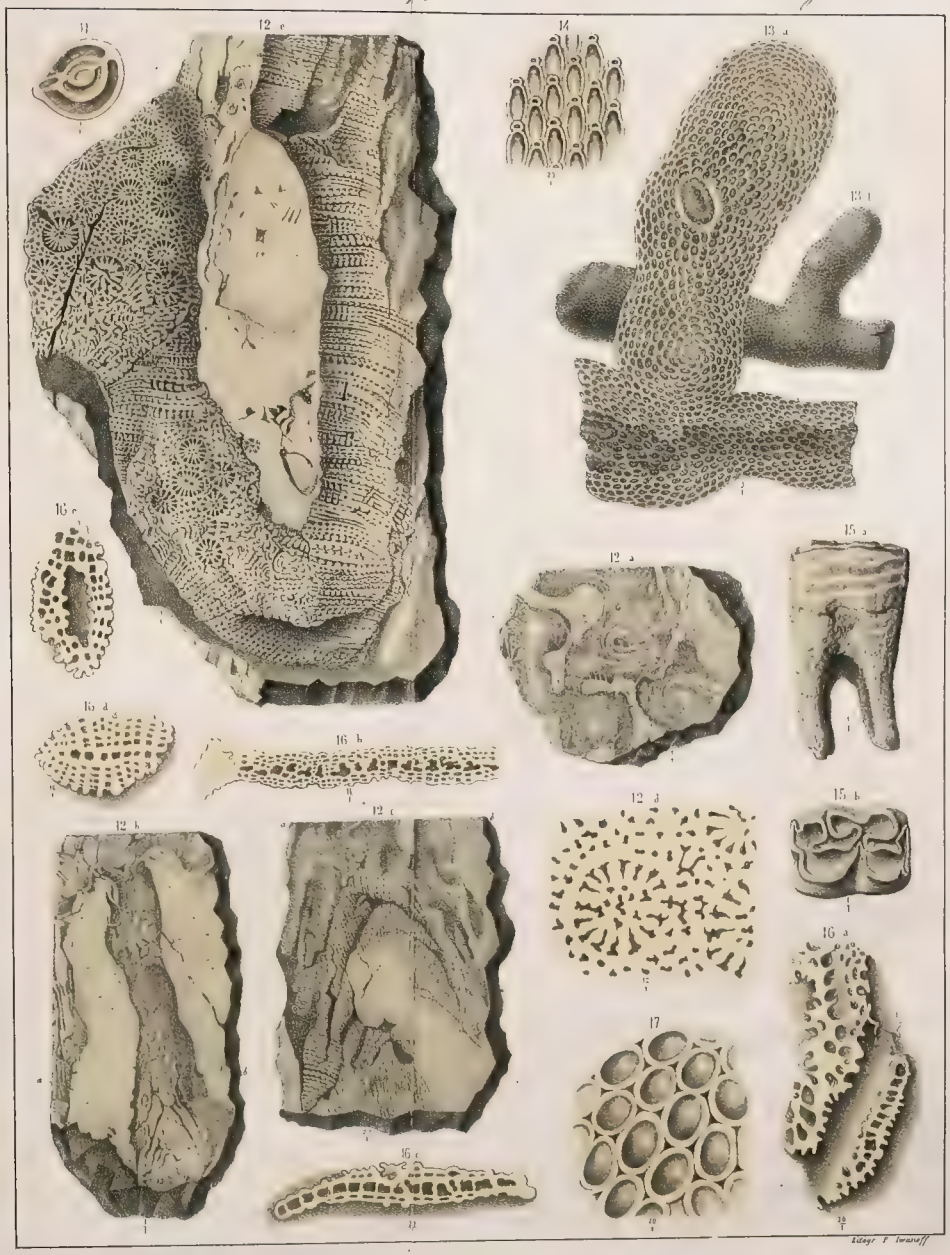
Längenprofil am Fusse der nördlichen Gebirgsbegränzung der Araxesebene zwischen Eriwan und Sardarbek in der Richtung von Westnordwest nach Ostsüdost

Fig 1 b
Fig 1 c
Fig 1 a
Fig 2 a
Fig 2 c
Fig 3 a
Fig 2 b
Fig 4 b
Fig 4 a
Fig 5 b
Fig 3



Lithogr. P. Iwanoff


1 b
1 d
2
1 e
1 a
4
1 c
3
5
10
6 a
7 a
7 b
6 c
9
8 a
8 b


11
12 e
14
13 a
13 b
16 c
12 a
15 a
15 d
16 b
12 b
12 c
12 d
15 b
16 a
17
16 c

1.b

Ad nat. del. Huber.

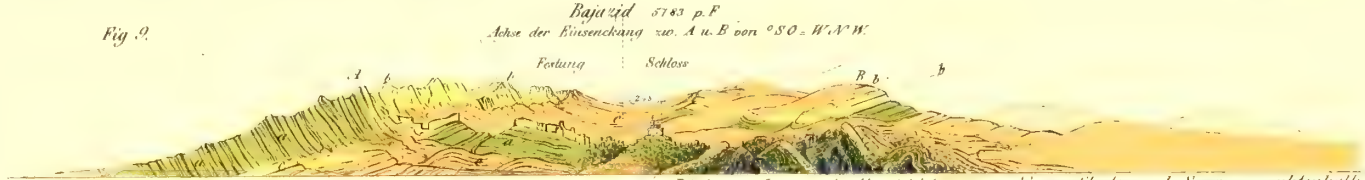
Agavites araratica.

Imp. V. D'Harbuger

Profil durch den westl. Theil der Steinsalzmulde von Kulpi von S nach N. pg. 10

Profil durch die Nummuliten und Molassenformation des Cedargandag bei Bajazid südl. vom Ararat von S nach N. pg. 18

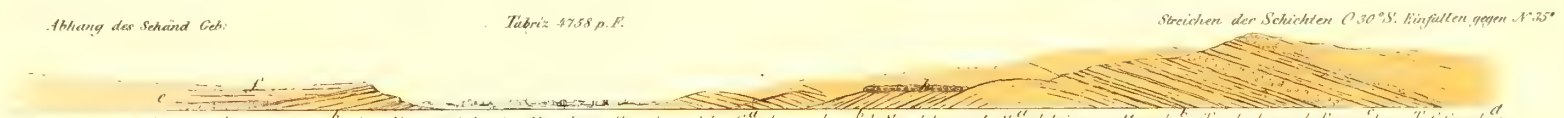
Fig. 9.



Niveau der Hochebene bei der Brücke von Burdaschir 4496 p.F. üb. d. M. Diabasporphyr und Mandelsteine. a. Nummulitenterain b. Supranummulitenkalk c. rothe Mergel

Profil durch die Gypsführende Formation der rothen Conglomerate Sandsteine u. Mergel im Thale des Levantschai bei Tabriz von O u. W pg. 15

Fig. 10.



a Gelbe und graue gypsreiche Mergel b. bunte Mergel c. rothe eisenreiche Conglomerate und Sandsteine d Sandsteine u Mergel e Trachyt und bimssteim Tuf Conglom. f. feine weisse und gelbe Tufe h. Diluvialconglomerat

Fig. 11. Profil durch die Formation der rothen Conglomerate Sandsteine und Mergel des Schorr dara zwischen Mahrand und Tabriz.

b rostbraune Mergel c. graue Mergel d. Trachyt e. Trachytconglom: Traverlin absetzende Säuerquellen von 41°R.[a] f. Puddingstein. a. bunte Mergel

Diluvialbildungen (Recent deposits) | Rothe Mergel u. Sandst (gypsiferous ser.) | Supranummulitenkalk | Nummulitengesteine (Nummulitic series) | Palaeozoische Bild. | Trachyt u Trachyttuf | Basaltische Lava | Eruptivgesteine (Trappean Rocks)

Profil durch den westl. Theil der Nummulitenmulde von Kitlja von S nach N. Fig. 1

Fig. 1

Profil durch die Höhe der Melanien Gruppe Kisilkaja am nordwestl. Fusse des Ararat von S nach N. Streichen der Schichten O 15° N. Fig. 2

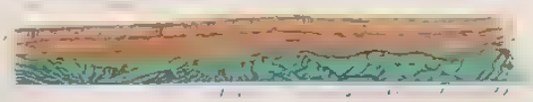
Fig. 2

Profil durch die Schichten der Melanien Gruppe bei Arevan von W nach O. Fig. 3

Fig. 3

Profil durch die linke Wand des Araxes Thales in der Enge zwischen Djoulfa und Abastabad von W nach O Streichen von h 20 N 70° W. Fig. 4

Fig. 4



Profil durch das Nummuliten und Melanien Terrain am Eingang zur Araxes Enge bei dem Kloster Karwansarai von SW n. NO. Fig. 5

Fig. 5

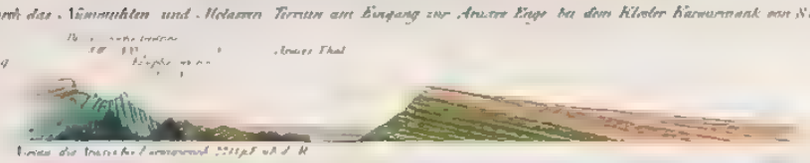


Fig. 6

Profil durch die Gebirge von Maku südlich vom Ararat von N nach S. Richtung der Pechsteingänge von SO nach NW. Fig. 7

Fig. 7

Fig. 8

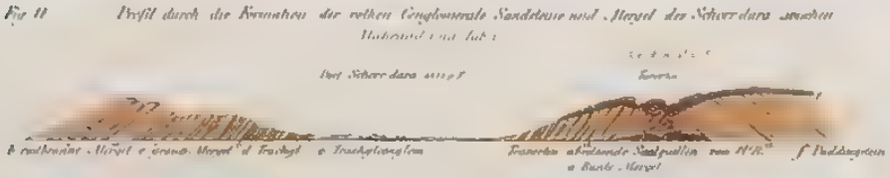
Profil durch die Nummuliten und Melanienformation des Kidurpandag bei Bajazid südl. vom Ararat von S nach N. Fig. 9

Fig. 9

Profil durch die Gypsführende Formation der rothen Conglomerate Sandsteine u. Mergel im Thale des Lewantschai bei Tabriz von O n W. Fig. 10

Fig. 10

Fig. 11 Profil durch die Formation der rothen Conglomerate Sandsteine und Mergel des Schordara zwischen



DÉVELOPPEMENTS ANALYTIQUES

POUR SERVIR A COMPLÉTER

LA THÉORIE DES MAXIMA ET MINIMA

DES FONCTIONS

À PLUSIEURS VARIABLES INDÉPENDANTES.

PAR

V. BOUNIAKOWSKY.

Lu le 13 février 1857.

DÉVELOPPEMENTS ANALYTIQUES

pour servir

à compléter la théorie des *Maxima* et *Minima* des fonctions à plusieurs variables indépendantes.

1. Depuis Lagrange qui, le premier, a posé les vrais principes de la théorie des *maxima* et *minima* des fonctions à plusieurs variables indépendantes, cette doctrine a présenté un cas, non résolu, du moins d'une manière bien explicite. C'est, comme on le sait, celui où toutes les dérivées partielles de la fonction donnée, à commencer par celles du second ordre et jusqu'à un ordre impair quelconque, inclusivement, se réduisent à zéro pour les valeurs des variables qui annulent identiquement la première différentielle de la fonction. Lagrange, dans sa *Théorie des fonctions analytiques*[1]), en parlant d'un cas très particulier de celui que nous mentionnons, s'exprime de la manière suivante:

«Nous avons donné ci-dessus un moyen simple pour trouver les conditions qui rendent une quantité de la forme $Ap^2 + Bpq +$ etc. toujours positive ou négative; on pourrait, de la même manière, chercher celles qui rendraient toujours positives ou négatives des quantités de la forme $Ap^4 + Bp^3q +$ etc.; mais l'application de la méthode générale à ce cas serait sujette à des difficultés de calcul qui pourraient la rendre impraticable; et c'est là un problème d'algèbre dont il serait à désirer qu'on pût avoir une solution complète.»

Le problème dont parle Lagrange dans ce passage a été résolu dans une Note que j'ai présenté à l'Académie en 1829, mais seulement pour le cas de deux variables indépendantes. Elle est imprimée dans les *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg*, VI série, T. I, 1831, p. 463, sous le titre: *Sur les* maxima *et les* minima *des fonctions à deux variables.* Dans le Mémoire que je présente aujourd'hui, je résous le problème en question dans toute sa généralité: ce n'est pas seulement sur un polynome du quatrième degré que j'opère, mais je considère un polynome d'un degré pair quelconque, contenant un nombre arbitraire de variables indépendantes. Ainsi, l'analyse que je vais exposer, servira à compléter la théorie des

1) *Première édition*, page 196.

maxima et des *minima* en donnant, d'une manière explicite, les caractères généraux qui fixent l'existence de ces sortes de valeurs.

Je commencerai d'abord par établir, d'une manière complète, les conditions nécessaires et suffisantes pour l'existence des *maxima* et *minima* d'une fonction à *deux* variables indépendantes. Ce problème résolu, je ferai voir que la question générale, c'est-à-dire celle des *maxima* et *minima* d'une fonction d'un nombre quelconque de variables, se ramène au premier cas, et, sauf la prolixité des calculs, ne présente aucune difficulté sous le rapport théorique.

2. Soient x et y deux variables indépendantes, et

$$u = f(x, y)$$

la fonction donnée. Supposons que l'on considère le système de valeurs

$$x = a, \quad y = b$$

vérifiant les équations

$$\frac{du}{dx} = 0, \quad \frac{du}{dy} = 0,$$

et qu'il s'agit de savoir si $f(a, b)$ représente ou non un *maximum* ou un *minimum*. Pour résoudre cette question l'on a recours à la différentielle du second ordre

$$d^2u = \frac{d^2u}{dx^2}\,dx^2 + 2\,\frac{d^2u}{dxdy}\,dxdy + \frac{d^2u}{dy^2}\,dy^2,$$

calculée pour $x = a$, $y = b$. Si cette différentielle, pour des valeurs arbitraires de dx et dy, conserve constamment le même signe, la quantité $f(a, b)$ sera un *maximum* ou un *minimum* suivant que d^2u sera *négative* ou *positive*. La condition de l'existence du *maximum* ou du *minimum*, indifféremment, ou bien celle qui établit que le signe de la différentielle du second ordre ne change pas, sera, comme on le sait,

$$\frac{d^2u}{dx^2}\cdot\frac{d^2u}{dy^2} - \left(\frac{d^2u}{dxdy}\right)^2 > 0;$$

le *maximum* aura lieu quand

$$\frac{d^2u}{dx^2} \text{ et } \frac{d^2u}{dy^2} < 0,$$

et le *minimum*, dans le cas de

$$\frac{d^2u}{dx^2} \text{ et } \frac{d^2u}{dy^2} > 0.$$

Mais si les valeurs $x = a$, $y = b$ anéantissent chacune des trois dérivées

$$\frac{d^2u}{dx^2}, \quad \frac{d^2u}{dxdy}, \quad \frac{d^2u}{dy^2},$$

il faudra nécessairement, pour que le *maximum* ou le *minimum* ait lieu, que chacune des quatre dérivées du troisième ordre

$$\frac{d^3u}{dx^3}, \quad \frac{d^3u}{dx^2dy}, \quad \frac{d^3u}{dxdy^2}, \quad \frac{d^3u}{dy^3},$$

s'annule également pour les mêmes valeurs $x = a$, $y = b$. Dans cette hypothèse on aura recours à la différentielle du quatrième ordre

$$d^4u = \frac{d^4u}{dx^4}\,dx^4 + 4\frac{d^4u}{dx^3dy}\,dx^3dy + 6\frac{d^4u}{dx^2dy^2}\,dx^2dy^2 + 4\frac{d^4u}{dxdy^3}\,dxdy^3 + \frac{d^4u}{dy^4}\,dy^4;$$

si elle ne s'évanouit pas identiquement pour $x = a$, $y = b$, il faudra, pour l'existence du *maximum* ou du *minimum*, qu'elle conserve constamment le même signe pour des valeurs arbitraires de dx et dy. Le *maximum* aura lieu si cette différentielle est toujours *négative*, et le *minimum*, si elle est *positive*. Ce cas, comme nous l'avons déjà dit, a été résolu dans la Note citée plus haut, et, à notre connaissance, la question des *maxima* et *minima*, sous le point de vue que nous considérons, n'a pas reçu de développements ultérieurs. Ce qui va suivre pourra donc être regardé comme un complément indispensable dans cette doctrine importante.

3. Pour considérer le problème des *maxima* et *minima* d'une fonction $u = f(x, y)$ à deux variables indépendantes x et y dans toute sa généralité, nous supposerons que le système des valeurs $x = a$, $y = b$, satisfaisant aux équations

$$\frac{du}{dx} = 0, \quad \frac{du}{dy} = 0,$$

annule, identiquement, chacune des dérivées partielles des ordres supérieurs, jusqu'aux dérivées de l'ordre *impair* $2n - 1$, inclusivement. Pour que le *minimum* ou le *maximum* ait lieu, il faudra que la différentielle de l'ordre $2n$

$$d^{2n}u = \frac{d^{2n}u}{dx^{2n}}\,dx^{2n} + 2n\frac{d^{2n}u}{dx^{2n-1}dy}\,dx^{2n-1}dy + \ldots + \frac{d^{2n}u}{dy^{2n}}\,dy^{2n},$$

pour $x = a$, $y = b$, conserve constamment le signe *plus* ou *moins*, quelles que soient les valeurs de dx et dy. Si donc l'on représente par t la quantité arbitraire $\frac{dx}{dy}$, et que l'on fasse

$$\frac{d^{2n}u}{dx^{2n}} = A_0, \quad \frac{d^{2n}u}{dx^{2n-1}dy} = A_0A_1, \quad \frac{d^{2n}u}{dx^{2n-2}dy^2} = A_0A_2 \ldots \frac{d^{2n}u}{dy^{2n}} = A_0A_{2n}, \qquad (1)$$

on aura

$$d^{2n}u = A_0dy^{2n}\left[t^{2n} + 2nA_1t^{2n-1} + \frac{2n(2n-1)}{1.2}A_2t^{2n-2} + \ldots + 2nA_{2n-1}.t + A_{2n}\right]. \qquad (2)$$

La condition, commune à l'existence du *maximum* ou du *minimum*, se réduira à ce que le polynome

$$t^{2n} + 2nA_1t^{2n-1} + \frac{2n(2n-1)}{1.2}A_2t^{2n-2} + \ldots + 2nA_{2n-1}.t + A_{2n} \qquad (3)$$

reste constamment positif quel que soit t. Cette condition remplie, on aura

$$\left.\begin{aligned} A_0 &< 0 \text{ pour le } \textit{maximum}, \\ A_0 &> 0 \text{ pour le } \textit{minimum}. \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Pour que le polynome (3) reste constamment positif, et ne puisse jamais s'anéantir, il faudra

qu'en le décomposant en facteurs linéaires, tous ces facteurs soient imaginaires, quelques-uns d'ailleurs pouvant être égaux entr'eux. Après avoir séparé ces facteurs imaginaires égaux, dont le produit, évidemment positif, ne peut pas s'évanouir, il nous restera un polynome en t, de degré pair, et il s'agira de trouver les conditions pour que ce nouveau polynome soit constamment positif, sans pouvoir s'annuler. Cela exige, qu'en l'égalant à zéro, il ne fournisse pour t que des racines imaginaires qui, en vertu de l'opération préparatoire, seront toutes inégales.

Pour ne pas introduire inutilement un nouveau polynome, nous pouvons conserver le polynome (3), et supposer de suite qu'il ne contient pas de facteurs imaginaires égaux. Opérons sur cette fonction entière (3) comme si nous voulions déterminer, au moyen du *Théorême de* Sturm, la nature de ses racines. Divisons la d'abord par sa dérivée

$$2nt^{2n-1} + 2n(2n-1)A_1t^{2n-2} + \ldots\ldots + 2nA_{2n-1}$$

ou, plus simplement, par

$$(5) \qquad t^{2n-1} + (2n-1)A_1t^{2n-2} + \ldots\ldots + A_{2n-1},$$

et soit

$$R_1 = B_1t^{2n-2} + C_1t^{2n-3} + \ldots\ldots$$

le reste de cette division pris en signe contraire; les quantités B_1, C_1.... seront exprimées en fonction des coefficients A_1, A_2.... A_{2n} du polynome (3) par des formules que nous rapporterons dans le numéro suivant. Divisons ensuite l'expression (5) par R_1, et soit

$$R_2 = B_2t^{2n-3} + C_2t^{2n-4} + \ldots.$$

le reste de cette nouvelle division, également avec le signe contraire. Continuons cette opération jusqu'à-ce-que nous soyons arrivés aux deux derniers restes

$$R_{2n-2} = B_{2n-2}.t + C_{2n-2}$$
$$R_{2n-1} = B_{2n-1},$$

dont les signes ont été changés comme ceux des restes précédents. Admettons de plus, pour le moment, qu'aucun des nombres B_1, B_2, B_3..... B_{2n-2}, B_{2n-1}, tous exprimés en fonction de A_1, A_2... A_{2n}, ne se réduit à zéro, nous reservant, plus loin, d'examiner ces cas exceptionnels. Dans cette supposition il est évident que, si nous voulions déterminer le nombre des racines réelles de l'équation

$$(6) \quad t^{2n} + 2nA_1t^{2n-1} + \frac{2n(2n-1)}{1.2}A_2t^{2n-2} + \ldots + 2nA_{2n-1}.t + A_{2n} = 0,$$

il suffirait de former la série

$$(7) \qquad t^{2n},\quad t^{2n-1},\quad B_1t^{2n-2},\quad B_2t^{2n-3},\quad \ldots\ldots B_{2n-2}t,\quad B_{2n-1},$$

d'y substituer à t d'abord $-\infty$, puis $+\infty$, et de compter ensuite le nombre de *variations*

de signe que l'on obtient dans chacune de ces deux hypothèses. La différence des deux nombres, ainsi trouvés, représentera la totalité des racines réelles. Si le résultat de chacune des deux substitutions, $t = +\infty$ et $t = -\infty$, fournit le même nombre de variations de signe, on en conclura que toutes les racines de l'équation (6) sont imaginaires. Cette condition, comme on le sait, est nécessaire et suffisante pour que le polynome (3) reste constamment positif, et ne devienne jamais zéro. Si ce polynome s'annulait sans changer de signe, l'équation (6) admettrait des racines réelles égales, en nombre *pair;* comme l'examen de cette particularité ne présente aucune difficulté, il est inutile de s'y arrêter.

4. Avant d'aller plus loin, nous croyons devoir rappeler que les restes R_1, R_2, R_3 ..... R_{2n-2}, R_{2n-1} du numéro précédent, dont la connaissance est exigée par le *théorème de Sturm.* ainsi que par notre analyse, peuvent être exprimés en fonction des coefficients de l'équation (6). Voici un problème, plus général que celui dont nous parlons, et dont on a une solution complète: *Trouver l'expression du reste que l'on obtient en divisant un polynome $F(t)$ d'un degré quelconque par un autre $f(t)$, en supposant que le degré du second soit tout-au-plus égal à celui du premier.* Cette question a été résolue par M. Collins dans une Note ayant pour titre: *Note sur la forme des résidus des polynomes entiers*[1]). Nous reproduisons ici l'expression générale du reste en question, en renvoyant le lecteur, pour la démonstration, à la Note que nous venons de citer.

Soit

$$F(t) = t^m + a_1 t^{m-1} + a_2 t^{m-2} + \ldots + a_{m-1}.t + a_m$$

le *dividende*,

$$f(t) = t^p - b_1 t^{p-1} + b_2 t^{p-2} - \ldots + (-1)^p b_p$$

le *diviseur*, et

$$\psi(t) = ct^{p-1} + c_1 t^{p-2} + c_2 t^{p-3} + \ldots + c_{p-2}.t + c_{p-1} = S\left[c_{\mathfrak{a}} t^{p-1-\mathfrak{a}}\right],\ c_0 \text{ étant } = c,$$

le *reste* qu'il s'agit de déterminer. On aura, en employant la notation des *aggrégats combinatoires* de Rothe,

$$\psi(t) = S\left[c_{\mathfrak{a}} t^{p-1-\mathfrak{a}}\right] =$$

$$S\left[(-1)^{n-p+1+\mathfrak{a}+\mathfrak{b}+\mathfrak{c}} \frac{(\mathfrak{b}-1)!\,(\overset{c+1}{\mathfrak{a}}+\overset{c+2}{\mathfrak{a}}+\ldots+\overset{p}{\mathfrak{a}})}{\overset{1}{\mathfrak{a}}!\,\overset{2}{\mathfrak{a}}!\ldots\overset{p}{\mathfrak{a}}!} a_{\mathfrak{a}} b_1^{\overset{1}{\mathfrak{a}}} b_2^{\overset{2}{\mathfrak{a}}} \ldots b_p^{\overset{p}{\mathfrak{a}}}.t^{p-1-\mathfrak{c}}\right] \qquad (8)$$

avec les équations de condition

$$\left.\begin{aligned} &\overset{1}{\mathfrak{a}} + \overset{2}{\mathfrak{a}} + \ldots + \overset{p}{\mathfrak{a}} = \mathfrak{b} \\ &\overset{1}{\mathfrak{a}} + 2\overset{2}{\mathfrak{a}} + \ldots + p\overset{p}{\mathfrak{a}} = m - p + 1 - \mathfrak{a} + \mathfrak{c}. \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

Dans ces formules les lettres gothiques $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ désignent successivement les nombres 0, 1, 2,

1) *Bulletin scientifique* publié par l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg, Tome I, 1836, p. 113.

$3 \ldots\ldots$, et $\overset{1}{\mathfrak{a}}, \overset{2}{\mathfrak{a}}, \overset{3}{\mathfrak{a}} \ldots\ldots$ des entiers, zéro y compris, qui doivent satisfaire à la fois aux conditions (9). La notation $\mu!$ représente le produit $1.2.3 \ldots . \mu$; dans le cas particulier de $\mu = 0$, l'expression $0!$ doit être remplacée par 1. Il en est de même des expressions

$$(\mathfrak{b}-1)!, \qquad (\overset{\mathfrak{c}+1}{\mathfrak{a}} + \overset{\mathfrak{c}+2}{\mathfrak{a}} + \ldots + \overset{p}{\mathfrak{a}})$$

qui, pour $\mathfrak{b} = 0$, doivent être égalées à 1. Enfin, le signe sommatoire S doit s'étendre aux valeurs $\mathfrak{c} = 0, 1, 2, 3 \ldots\ldots (p-1)$, en embrassant toutes les hypothèses que l'on peut faire sur $\mathfrak{a}$ et $\mathfrak{b}$, et, par suite, sur les valeurs de $\overset{1}{\mathfrak{a}}, \overset{2}{\mathfrak{a}}, \overset{3}{\mathfrak{a}} \ldots\ldots \overset{p}{\mathfrak{a}}$, compatibles avec les équations de condition.

Telle est la loi générale pour la formation du reste $\psi(t)$. Pour des degrés un peu élevés des fonctions $F(t)$ et $f(t)$, le calcul de ce reste, au moyen de la formule (8), devient presqu'impraticable; aussi, cette expression générale ne peut avoir qu'un intérêt purement théorique. Pour mieux préciser son usage, supposons, par exemple, que l'on veuille déterminer le coefficient B_1 du premier terme du reste R_1 (no. 3). On fera

$$f(t) = \frac{F'(t)}{m} = t^{m-1} + \frac{m-1}{m} a_1 t^{m-2} + \frac{m-2}{m} a_2 t^{m-3} + \ldots\ldots,$$

et l'on aura par conséquent

$$b_1 = -\frac{m-1}{m} a_1, \qquad b_2 = \frac{m-2}{m} a_2, \ldots\ldots$$

Pour avoir B_1 il faudra changer dans la formule (8) le signe de $\psi(t)$, remplacer p par $m-1$, supposer $\mathfrak{c} = 0$, et substituer à $b_1, b_2 \ldots\ldots$ les valeurs que nous venons de trouver. On aura de cette manière:

$$B_1 = -S\left[(-1)^{2+\mathfrak{a}+\mathfrak{b}} \cdot \frac{(\mathfrak{b}-1)!\,\mathfrak{b}}{\overset{1}{\mathfrak{a}}!\,\overset{2}{\mathfrak{a}}! \ldots \overset{m-1}{\mathfrak{a}}!} \cdot a_0 \left(-\frac{m-1}{m} a_1\right)^{\overset{1}{\mathfrak{a}}} \left(\frac{m-2}{m} a_2\right)^{\overset{2}{\mathfrak{a}}} \ldots \left(\frac{(-1)^{m-1} a_{m-1}}{m}\right)^{\overset{m-1}{\mathfrak{a}}}\right]$$

avec les équations de condition

$$\overset{1}{\mathfrak{a}} + \overset{2}{\mathfrak{a}} + \ldots + \overset{m-1}{\mathfrak{a}} = \mathfrak{b}$$

$$\overset{1}{\mathfrak{a}} + 2\overset{2}{\mathfrak{a}} + \ldots + (m-1)\overset{m-1}{\mathfrak{a}} = 2 - \mathfrak{a}$$

Il n'y aurait plus qu'à remplacer, dans ces dernières formules, m par $2n$, en observant que le dividende (3) est un polynome du degré $2n$.

Avant de quitter ce sujet nous pouvons indiquer encore un théorême qui se rapporte à la détermination des restes $R_1, R_2, R_3 \ldots\ldots$ du no. précédent; c'est le théorême de M. Sylvester (*Philosophical Magazine*, le no. de Décembre 1839). Mais ces restes, déterminés par la méthode de M. Sylvester, n'étant pas immédiatement donnés en fonction des coefficients de l'équation primitive, leur expression ne s'applique pas directement à notre question. On trouvera la démon-

stration du théorême dont nous parlons dans un Mémoire de M. Sturm ayant pour titre: *Démonstration d'un Théorême d'algèbre de M. Sylvestre*[1]).

Revenons maintenant à notre question.

5. Après ce qui a été dit dans le no. 3 nous avons à déterminer les conditions pour que la série (7) contienne le même nombre de variations de signe pour $t = +\infty$ et pour $t = -\infty$. Ces conditions ne portant que sur les signes $+$ ou $-$ dont les nombres B_1, $B_2 \ldots\ldots B_{2n-2}$, B_{2n-1} doivent être affectés, tout se réduira à trouver la loi qui établit le mode de distribution de ces signes. Pour y parvenir d'une manière simple, nous conviendrons de désigner les valeurs de B_1, $B_2 \ldots . B_{2n-2}$, B_{2n-1}, prises positivement, par B', $B'' \ldots\ldots B^{(2n-1)}$, $B^{(2n-2)}$; on pourra donc poser

$$\left.\begin{aligned} B_1 &= (-1)^{\lambda_1} . B' \\ B_2 &= (-1)^{\lambda_2} . B'' \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \\ B_{2n-2} &= (-1)^{\lambda_{2n-2}} . B^{(2n-2)} \\ B_{2n-1} &= (-1)^{\lambda_{2n-1}} . B^{(2n-1)} \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

et la nature du nombre entier λ_k, en tant qu'il sera *pair* ou *impair*, déterminera le signe de la quantité B_k; ce qu'il y a de plus simple à faire à cet égard, c'est de supposer $\lambda = 0$ pour une valeur *positive* de B, et $\lambda = 1$ pour une valeur *négative*. D'ailleurs, comme nous n'avons besoin de la série (7) qu'en raison des signes de ses différents termes, nous pourrons faire abstraction des valeurs numériques B', $B'' \ldots\ldots B^{(2n-1)}$, et l'écrire sous cette forme:

$$t^{2n},\ t^{2n-1},\ (-1)^{\lambda_1} t^{2n-2},\ (-1)^{\lambda_2} t^{2n-3} \ldots\ldots (-1)^{\lambda_{2n-2}} t,\ (-1)^{\lambda_{2n-1}}. \qquad (11)$$

Cherchons actuellement à déterminer, par une formule analytique, le nombre de variations de signe que présente la série (11) d'abord pour $t = +\infty$. Soit N ce nombre. La série des signes sera

$$+,\ +,\ (-1)^{\lambda_1},\ (-1)^{\lambda_2},\ \ldots\ldots (-1)^{\lambda_{2n-2}},\ (-1)^{\lambda_{2n-1}}. \qquad (12)$$

Les deux premiers termes fournissent une permanence de signe; le second avec le troisième donnent une permanence ou une variation suivant que λ_1 est égal à zéro ou à 1; on pourra donc dire que, dans le passage du second terme au troisième, on aura, pour exprimer la variation de signe, la formule

$$\frac{1 - (-1)^{\lambda_1}}{2} \qquad (13)$$

qui, en effet, se réduit à zéro pour $\lambda_1 = 0$, et à 1 pour $\lambda_1 = 1$.

Considérons maintenant les deux termes consécutifs

$$(-1)^{\lambda_1},\ (-1)^{\lambda_2};$$

1) *Journal de Mathématiques pures et appliquées de* J. Liouville, Tome septième, 1842, page 336.

pour qu'ils fournissent une variation de signe, il faut que les deux nombres λ_1 et λ_2 soient d'espèces différentes, c'est-à-dire l'un *pair*, ou ce qui revient au même *zéro*, et l'autre *impair* ou 1. Si ces deux nombres sont de même espèce, les deux termes $(-1)^{\lambda_1}$, $(-1)^{\lambda_2}$ donneront une permanence de signe. Chacune de ces deux circonstances sera exprimée par la formule

$$\frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}}{2} \tag{14}$$

qui se réduira à 1 quand λ_1 et λ_2 seront d'espèces différentes, et à 0, quand ils seront de la même espèce. Donc, on pourra dire, que dans la série (12) il y a, jusqu'au quatrième terme, inclusivement,

$$\frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}}{2}$$

variations de signe.

L'expression

$$\frac{1-(-1)^{\lambda_2+\lambda_3}}{2} \tag{15}$$

se réduira de même à 1 si les deux termes consécutifs $(-1)^{\lambda_2}$, $(-1)^{\lambda_3}$ donnent une variation, et à 0, s'ils présentent une permanence de signe, et ainsi de suite. Enfin, la formule

$$\frac{1-(-1)^{\lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}}}{2} \tag{16}$$

donnera 1 quand les deux derniers termes

$$(-1)^{\lambda_{2n-2}}, \qquad (-1)^{\lambda_{2n-1}}$$

de la série (12) présenteront une variation, et *zéro*, quand ils donneront lieu à une permanence de signe. De cette manière il est visible que la totalité N des variations de signe dans la série (12), pour $t = +\infty$, sera égale à la somme des expressions (13), (14), (15).....(16). On aura donc

$$N = \frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_2+\lambda_3}}{2} + \ldots + \frac{1-(-1)^{\lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}}}{2},$$

ce qui revient à

$$N = \frac{2n-1}{2} - \frac{1}{2}\left[(-1)^{\lambda_1} + (-1)^{\lambda_1+\lambda_2} + (-1)^{\lambda_2+\lambda_3} + \ldots + (-1)^{\lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}}\right],$$

ou bien, définitivement,

$$N = n - \frac{1}{2}\left[1 + (-1)^{\lambda_1} + (-1)^{\lambda_1+\lambda_2} + (-1)^{\lambda_2+\lambda_3} + \ldots + (-1)^{\lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}}\right]. \tag{17}$$

Calculons maintenant, de la même manière, le nombre N' de variations de signe que présente la série (11) lorsque l'on y fait $t = -\infty$; observons d'abord que tous les termes qui contiennent des puissances impaires de t changeront de signe, et que par conséquent la série de signes qui correspond à l'hypothèse $t = -\infty$, sera

$$+, -, (-1)^{\lambda_1}, -(-1)^{\lambda_2}, (-1)^{\lambda_3}, \ldots\ldots -(-1)^{\lambda_{2n-2}}, (-1)^{\lambda_{2n-1}};$$

pour plus de commodité nous la remplacerons par la suivante :

$$+, (-1)^{1}, (-1)^{\lambda_1}, (-1)^{\lambda_2+1}, (-1)^{\lambda_3}, (-1)^{\lambda_4+1}, \ldots . (-1)^{\lambda_{2n-2}+1}, (-1)^{\lambda_{2n-1}}. \quad (18)$$

Les deux premiers termes présentent déjà une variation de signe; quant à la totalité des variations de signe que donne la série (18), on la calculera comme plus haut, et l'on trouvera

$$N' = 1 + \frac{1-(-1)^{\lambda_1+1}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2+1}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_2+\lambda_3+1}}{2} + \ldots + \frac{1-(-1)^{\lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}+1}}{2}$$

$$= 1 + \frac{2n-1}{2} - \frac{1}{2}\left[(-1)^{\lambda_1+1} + (-1)^{\lambda_1+\lambda_2+1} + (-1)^{\lambda_2+\lambda_3+1} + \ldots + (-1)^{\lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}+1}\right],$$

ou bien, définitivement,

$$N' = n + \frac{1}{2}\left[1 + (-1)^{\lambda_1} + (-1)^{\lambda_1+\lambda_2} + (-1)^{\lambda_2+\lambda_3} + \ldots + (-1)^{\lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}}\right]. \quad (19)$$

Pour que l'équation (6) n'admette que des racines imaginaires, il faut que l'on ait $N = N'$; cette égalité, en vertu des formules (17) et (19), entraine la condition suivante:

$$1 + (-1)^{\lambda_1} + (-1)^{\lambda_1+\lambda_2} + (-1)^{\lambda_2+\lambda_3} + \ldots + (-1)^{\lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}} = 0, \quad (20)$$

et l'on a en même temps

$$N = n = N'. \quad (21)$$

6. Avant de déduire les conséquences auxquelles donne lieu l'équation fondamentale (20) par rapport à la distribution des signes entre les quantités $B_1, B_2 \ldots . B_{2n-1}$, indiquons deux propriétés très simples dont jouit l'équation (6) lorsqu'elle n'admet que des racines imaginaires inégales. Et d'abord, l'égalité (21) montre que, dans cette hypothèse, la série (7), fournie par le théorème de Sturm, en la supposant toutefois complète, doit contenir, pour $t = +\infty$ et pour $t = -\infty$, n variations de signe, c'est-à-dire *la moitié* du nombre $2n$ qui exprime le degré de l'équation que l'on considère. En second lieu, il est facile de voir que le dernier terme B_{2n-1} de la série (7), toujours supposée complète, sera *positif* ou *négatif* suivant que n sera *pair* ou *impair*, ou, autrement, suivant que le degré $2n$ de l'équation (6) sera *pairement pair* ou *impairement pair*. En effet, pour que le terme 1 par lequel commence l'équation (20) puisse disparaître, il faudra que dans la série des exposants

$$\lambda_1, \quad \lambda_1+\lambda_2, \quad \lambda_2+\lambda_3, \quad \ldots . \lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}$$

il y ait un nombre impair de plus que de nombres pairs. Il y aura donc parmi ces exposants, dont la totalité est de $2n-1$, $n-1$ nombres pairs et n nombres impairs. Si l'on représente chacun des premiers par 0, et chacun des seconds par 1, la somme des exposants sera congrue à n suivant le module 2; d'un autre côté, si l'on prend directement cette somme, on la trouve égale à

$$2(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\ldots+\lambda_{2n-2}) + \lambda_{2n-1};$$

donc

$$2(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\ldots+\lambda_{2n-2})+\lambda_{2n-1}\equiv n \pmod 2,$$

ou bien

$$\lambda_{2n-1}\equiv n \pmod 2,$$

congruence qui exprime précisément la propriété que nous avons énoncée.

7. Revenons maintenant à l'équation (20). Pour plus de symétrie remplaçons son premier terme 1 par $(-1)^{\mu_1}$, μ_1 etant $= 0$, et faisons

$$(22)\qquad \left\{\begin{array}{r} 0=\mu_1 \\ \lambda_1=\mu_2 \\ \lambda_1+\lambda_2=\mu_3 \\ \lambda_2+\lambda_3=\mu_4 \\ \ldots\ldots\ldots \\ \lambda_{2n-2}+\lambda_{2n-1}=\mu_{2n}. \end{array}\right.$$

Cela posé, la question que nous avons à résoudre revient évidemment à celle-ci :

Déterminer tous les systémes des valeurs $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \ldots \lambda_{2n-1}$ *de manière que parmi les entiers* $\mu_1=0, \mu_2, \mu_3, \mu_4 \ldots \mu_{2n}$ *il se trouve précisément autant de nombres pairs que de nombres impairs.*

Commençons par déterminer les différents arrangements des nombres $\mu_1, \mu_2, \mu_3 \ldots \mu_{2n}$ avec la condition que, sur leur totalité $2n$, il y en ait n de pairs et n d'impairs. Supposons que les premiers soient représentés par *zéro*, et les seconds par *l'unité*. Le nombre de *permutations à répétition* des deux caractères 0 et 1, dont chacun doit être répété n fois, sera, comme on le sait, exprimé par

$$\frac{1.2.3\ldots.2n}{(1.2.3\ldots n)^2}.$$

De plus, comme la condition $\mu_1=0$ exige que l'on ne conserve que les permutations qui commencent par 0, le nombre précédent devra être réduit de moitié: en le représentant par S, on aura

$$(23)\qquad S=\frac{1.2.3\ldots.2n}{2(1.2.3\ldots n)^2}.$$

Tel est le nombre de systèmes différents pour les quantités μ, et par conséquent aussi pour les quantités λ. Ainsi, pour $2n=2$, on aura $S=1$; pour $2n=4$, $S=3$; pour $2n=6$, $S=10$, etc.

Les nombres $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \ldots \lambda_{2n-1}$ se déduisent d'une manière très simple des équations (22). En effet, supposons que l'on considère l'un des S systèmes de valeurs de μ; soit, par exemple,

$$\mu_1^{(i)}, \quad \mu_2^{(i)}, \quad \mu_3^{(i)} \ldots\ldots \mu_{2n}^{(i)}$$

le système en question, et

$$0, \quad \lambda_1^{(i)}, \quad \lambda_2^{(i)} \ldots\ldots \lambda_{2n-1}^{(i)}$$

les valeurs correspondantes de λ. En déterminant de proche en proche les valeurs de λ au moyen de celles de μ, et en reduisant ces nombres aux restes de la division par 2, on trouvera, en vertu des formules (22),

$$\left.\begin{aligned}
0 &= \mu_1^{(i)} \\
\lambda_1^{(i)} &= \mu_2^{(i)} \\
\lambda_2^{(i)} &\equiv \mu_3^{(i)} - \mu_2^{(i)} \\
\lambda_3^{(i)} &\equiv \mu_4^{(i)} - \mu_3^{(i)} + \mu_2^{(i)} \\
\lambda_4^{(i)} &\equiv \mu_5^{(i)} - \mu_4^{(i)} + \mu_3^{(i)} - \mu_2^{(i)} \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
\lambda_{2n-1}^{(i)} &\equiv \mu_{2n}^{(i)} - \mu_{2n-1}^{(i)} + \mu_{2n-2}^{(i)} - \ldots - \mu_3^{(i)} + \mu_2^{(i)}.
\end{aligned}\right\} \text{(mod. 2).} \qquad (24)$$

8. Telle est la solution générale de la première question que nous nous sommes proposée. Appliquons la, sans entrer d'ailleurs dans tous les détails de calcul, aux cas où le polynome (3) serait du 2^d, 4^{me} et 6^{me} degré.

Pour le cas de $2n = 2$, la série (7) se réduit aux trois termes:

$$t^2, \quad t, \quad B_1.$$

Or,

$$B_1 = (-1)^{\lambda_1} B_1' \qquad \text{(formules (10))}$$

$$S = \frac{1.2}{2} = 1; \qquad \text{(formule (23))}$$

il n'y aura donc qu'une seule permutation de μ_1 et μ_2, qui sera

$$0 \; 1,$$

et donnera $\mu_1 = 0$, $\mu_2 = 1$. Donc

$$\lambda_1 = 1, \qquad \text{(formules (24))}$$

et par suite

$$B_1 = -B_1' < 0.$$

Ainsi, $B_1 < 0$ exprimera la seule condition nécessaire et suffisante pour que les deux racines d'une équation du 2^d degré soient imaginaires.

Supposons maintenant $2n = 4$. La série (7) sera composée des cinq termes

$$t^4, \quad t^3, \quad B_1 t^2, \quad B_2 t, \quad B_3,$$

et l'on aura

$$B_1 = (-1)^{\lambda_1} B'_1$$
$$B_2 = (-1)^{\lambda_2} B'_2$$
$$B_3 = (-1)^{\lambda_3} B'_3$$
$$S = \frac{1.2.3.4}{2(1.2)^2} = 3;$$

les trois permutations seront

0011
0101
0110.

Le premier système

$$\mu_1 = 0, \quad \mu_2 = 0, \quad \mu_3 = 1, \quad \mu_4 = 1$$

conduit aux valeurs suivantes de λ:

$$\lambda_1 = 0, \quad \lambda_2 = 1, \quad \lambda_3 = 0,$$

ce qui fournit les conditions

$$B_1 > 0, \quad B_2 < 0, \quad B_3 > 0.$$

Le second système donne

$$\mu_1 = 0, \quad \mu_2 = 1, \quad \mu_3 = 0, \quad \mu_4 = 1,$$

et par suite

$$\lambda_1 = 0, \quad \lambda_2 = 1, \quad \lambda_3 = 0,$$

ce qui entraine les conditions

$$B_1 < 0, \quad B_2 < 0, \quad B_3 > 0,$$

Enfin, le troisième système,

$$\mu_1 = 0, \quad \mu_2 = 1, \quad \mu_3 = 1, \quad \mu_4 = 0$$

fournit

$$\lambda_1 = 1, \quad \lambda_2 = 0, \quad \lambda_3 = 0,$$

et par suite

$$B_1 < 0, \quad B_2 > 0, \quad B_3 > 0.$$

Donc, définitivement, pour qu'une équation du 4^me^ degré n'ait que des racines imaginaires, il faut d'abord que la quantité B_3 soit positive, et que de plus l'une des trois conditions doubles suivantes soit remplie:

$$B_1 > 0, \quad B_2 < 0$$
$$B_1 < 0, \quad B_2 < 0$$
$$B_1 < 0, \quad B_2 > 0.$$

L'on remarquera d'ailleurs que les deux dernières conditions peuvent être remplacées par la condition unique $B_1 < 0.$

Passons maintenant au cas de $2n = 6$. La série (7) se composera des sept termes suivants:

$$t^6, \quad t^5, \quad B_1t^4, \quad B_2t^3, \quad B_3t^2, \quad B_4t, \quad B_5;$$

conformément à ce qui a été convenu, l'on posera

$$B_1 = (-1)^{\lambda_1}B_1'$$
$$B_2 = (-1)^{\lambda_2}B_2'$$
$$B_3 = (-1)^{\lambda_3}B_3'$$
$$B_4 = (-1)^{\lambda_4}B_4'$$
$$B_5 = (-1)^{\lambda_5}B_5'.$$

Quant au nombre S de permutations des quantités désignées par μ, on aura

$$S = \frac{1.2.3.4.5.6}{2(1.2.3)^2} = 10;$$

voici ces 10 systèmes:

000111
001011
001101
001110
010011
010101
010110
011001
011010
011100

De là, en vertu des congruences (24), on formera ce tableau complet des 10 systèmes des valeurs de λ:

Valeurs de μ:						*Valeurs de* λ:				
μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1

Donc. pour qu'une équation du 6^{me} degré qui donne par le théorême de Sturm la série

$$t^6,\quad t^5,\quad B_1t^4,\quad B_2t^3,\quad B_3t^2,\quad B_4t,\quad B_5,$$

n'ait que des racines imaginaires, il faut d'abord que B_5 soit négatif, et, de plus, qu'une des dix conditions quadruples suivantes soit remplie:

$$\begin{array}{llll}
B_1>0, & B_2>0, & B_3<0, & B_4>0\\
B_1>0, & B_2<0, & B_3<0, & B_4>0\\
B_1>0, & B_2<0, & B_3>0, & B_4>0\\
B_1>0, & B_2<0, & B_3>0, & B_4<0\\
B_1<0, & B_2<0, & B_3<0, & B_4>0\\
B_1<0, & B_2<0, & B_3>0, & B_4>0\\
B_1<0, & B_2<0, & B_3>0, & B_4<0\\
B_1<0, & B_2>0, & B_3>0, & B_4>0\\
B_1<0, & B_2>0, & B_3>0, & B_4<0\\
B_1<0, & B_2>0, & B_3<0, & B_4<0.
\end{array}$$

9. Pour compléter la solution du problème dont nous nous occupons, nous dirons quelques mots sur les cas particuliers auxquels l'application du procédé exposé pourrait donner lieu si quelques uns des coefficients, représentés par B avec des indices, venaient à s'annuler. Dans cette hypothèse la série (7) ne serait plus complète: il lui manquerait quelques termes. Cela n'empêcherait pas qu'on ne pût faire usage de la même méthode. Pour mieux préciser les légères modifications qu'il y aurait à apporter au procédé général, nous allons l'appliquer à deux exemples particuliers.

Supposons, en premier lieu, qu'une équation du 4^{me} degré ait conduit, par l'application du théorème de Sturm, à la série

$$t^4,\quad t^3,\quad Lt,\quad M,$$

privée de son troisième terme, contenant la puissance t^2. Faisons, conformément à ce qui a été indiqué plus haut,

$$L=(-1)^{\lambda_1}L',\qquad M=(-1)^{\lambda_2}M',$$

L' et M' désignant des nombres positifs. On aura à considérer, relativement aux signes, les quatre termes

$$t^4,\quad t^3,\quad (-1)^{\lambda_1}t,\quad (-1)^{\lambda_2}.$$

Pour $t=+\infty$, ces quatre termes donnent

$$+,\quad +,\quad (-1)^{\lambda_1},\quad (-1)^{\lambda_2},$$

et le nombre de variations de signes sera

$$\frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2}+\frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}}{2}.$$

Pour $t = -\infty$, l'on obtient

$$+,\quad -,\quad -(-1)^{\lambda_1},\quad (-1)^{\lambda_2},$$

ou, ce qui revient au même,

$$+,\quad (-1)^{1},\quad (-1)^{\lambda_1+1},\quad (-1)^{\lambda_2}.$$

Le nombre de variations de signe pour ces quatre termes sera

$$1 + \frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2+1}}{2}.$$

Pour que l'équation du 4^{me} degré, sur laquelle on a opéré, n'ait que des racines imaginaires, il faudra que les deux résultats que l'on vient d'obtenir soient égaux; on doit donc avoir

$$\frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}}{2} = 1 + \frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2+1}}{2},$$

ce qui donne simplement, après quelques réductions faciles,

$$1 + (-1)^{\lambda_1+\lambda_2} = 0.$$

Cette égalité montre que la seule condition pour que les quatre racines de l'équation que l'on considère soient imaginaires, se réduit à ce que la somme $\lambda_1 + \lambda_2$ soit *impaire*, ou, en se repportant plus haut, que les quantités L et M soient de signes contraires. Cette condition pourra donc être exprimée par l'inégalité $LM < 0$.

Prenons encore un exemple un peu plus compliqué. Supposons, qu'en appliquant le théorème de Sturm à une équation du 8^{me} degré, on soit arrivé à la série

$$t^8,\quad t^7,\quad Lt^5,\quad Mt^4,\quad Nt,\quad P,$$

à laquelle il manque *trois* termes affectés des puissances t^6, t^3 et t^2. Si l'on fait

$$L = (-1)^{\lambda_1}L',$$
$$M = (-1)^{\lambda_2}M',$$
$$N = (-1)^{\lambda_3}N',$$
$$P = (-1)^{\lambda_4}P',$$

L', M', N', P' désignant des nombres positifs, cette série, considérée relativement aux signes de ses différents termes, pourra être remplacée par la suivante:

$$t^8,\quad t^7,\quad (-1)^{\lambda_1}t^5,\quad (-1)^{\lambda_2}t^4,\quad (-1)^{\lambda_3}t,\quad (-1)^{\lambda_4}.$$

Pour $t = +\infty$, on aura

$$+,\quad +,\quad (-1)^{\lambda_1},\quad (-1)^{\lambda_2},\quad (-1)^{\lambda_3},\quad (-1)^{\lambda_4},$$

et le nombre de variations de signes que donne cette série sera

$$\frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_2+\lambda_3}}{2} + \frac{1-(-1)^{\lambda_3+\lambda_4}}{2}.$$

Si l'on fait $t = -\infty$, on trouvera la succession suivante de signes:

$$+,\quad -1,\quad -(-1)^{\lambda_1},\quad (-1)^{\lambda_2},\quad -(-)^{\lambda_3},\quad (-1)^{\lambda_4},$$

ou, ce qui revient au même,

$$+,\quad (-1)^{1},\quad (-1)^{\lambda_1+1},\quad (-1)^{\lambda_2},\quad (-1)^{\lambda_3+1},\quad (-1)^{\lambda_4}.$$

Le nombre de variations que présente cette série sera

$$1+\frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2}+\frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2+1}}{2}+\frac{1-(-1)^{\lambda_2+\lambda_3+1}}{2}+\frac{1-(-1)^{\lambda_3+\lambda_4+1}}{2}$$
$$=1+\frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2}+\frac{1+(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}}{2}+\frac{1+(-1)^{\lambda_2+\lambda_3}}{2}+\frac{1+(-1)^{\lambda_3+\lambda_4}}{2}.$$

En égalant entr'eux les deux résultats que l'on vient de trouver, l'on obtient

$$\frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2}+\frac{1-(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}}{2}+\frac{1-(-1)^{\lambda_2+\lambda_3}}{2}+\frac{1-(-1)^{\lambda_3+\lambda_4}}{2}$$
$$=1+\frac{1-(-1)^{\lambda_1}}{2}+\frac{1+(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}}{2}+\frac{1+(-1)^{\lambda_2+\lambda_3}}{2}+\frac{1+(-1)^{\lambda_3+\lambda_4}}{2},$$

ou bien, toute réduction faite

$$1+(-1)^{\lambda_1+\lambda_2}+(-1)^{\lambda_2+\lambda_3}+(-1)^{\lambda_3+\lambda_4}=0.$$

Telle est l'égalité qui exprime la condition nécessaire et suffisante pour que toutes les racines de l'équation du 8^{me} degré que l'on traite soient imaginaires. Pour que cette condition soit satisfaite il suffira que *deux* des trois quantités

$$\lambda_1+\lambda_2=\mu_1$$
$$\lambda_2+\lambda_3=\mu_2$$
$$\lambda_3+\lambda_4=\mu_3$$

soient *impaires*, et *une*, *paire*. Donc, si l'on représente par 0 les valeurs paires de μ, et par 1 ses valeurs impaires, il s'agira de trouver toutes les *permutations avec répétition* de deux caractères dont l'un, 0, n'entre qu'*une* fois, et l'autre, 1, *deux* fois. Le nombre de ces permutations sera $\frac{1.2.3}{1.2.1}=3$, car on sait que si l'on avait α lettres a, β lettres b, γ lettres c etc., le nombre de permutations, avec répétition, se déterminerait par la formule

$$\frac{1.2.3.....m}{1.2.3...\alpha.\ 1.2.3...\beta.\ 1.2.3....\gamma....},$$

m désignant la somme $\alpha+\beta+\gamma+.....$ Dans notre cas, les trois systèmes de valeurs de μ seront

μ_1	μ_2	μ_3
1	1	0
1	0	1
0	1	1

A chacune de ces permutations correspondent *deux* systèmes de valeurs de λ, ce qui fera en tout *six* systèmes. Considérons, par exemple, la première permutation. On aura les trois égalités

$$\begin{aligned} \lambda_1 + \lambda_2 &= 1 \\ \lambda_2 + \lambda_3 &= 1 \\ \lambda_3 + \lambda_4 &= 0, \end{aligned}$$

qu'il sera plus commode de présenter sous la forme de congruences

$$\left.\begin{aligned} \lambda_1 + \lambda_2 &\equiv 1 \\ \lambda_2 + \lambda_3 &\equiv 1 \\ \lambda_3 + \lambda_4 &\equiv 0 \end{aligned}\right\} \text{(mod. 2)}.$$

Comme il y a une inconnue de plus que de conditions, on pourra supposer d'abord $\lambda_1 = 0$, et l'on trouvera dans cette hypothèse $\lambda_2 = 1$, $\lambda_3 = 0$, $\lambda_4 = 0$; supposant ensuite $\lambda_1 = 1$, on aura $\lambda_2 = 0$, $\lambda_3 = 1$, $\lambda_4 = 1$. En opérant de la même manière sur les deux autres permutations relatives à μ, on obtiendra encore quatre systèmes de valeurs pour λ, ce qui fera en tout les *six* systèmes suivants:

λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
0	1	0	0
1	0	1	1
0	1	1	0
1	0	0	1
0	0	1	0
1	1	0	1

Si nous nous reportons actuellement aux quantités L, M, N, P, dont les signes dépendent de l'espèce des nombres λ, nous serons en droit de conclure que l'équation du 8^{me} degré dont on s'occupe n'aura toutes ses racines imaginaires que dans le cas où l'une des six conditions quadruples suivantes sera satisfaite:

$L > 0$,	$M < 0$,	$N > 0$,	$P > 0$
$L < 0$,	$M > 0$,	$N < 0$,	$P < 0$
$L > 0$,	$M < 0$,	$N < 0$,	$P > 0$
$L < 0$,	$M > 0$,	$N > 0$,	$P < 0$
$L > 0$,	$M > 0$,	$N < 0$,	$P > 0$
$L < 0$,	$M < 0$,	$N > 0$,	$P < 0$.

10. L'analyse que nous avons exposée dans les numéros précédents complète la théorie des *maxima* et *minima* des fonctions à deux variables indépendantes. Nous allons voir maintenant que la même méthode s'applique également au cas général, c'est-à-dire à celui d'une fonction à un nombre quelconque de variables indépendantes. Dans le but d'abréger les calculs,

nous supposerons que la fonction donnée ne dépend d'abord que de *trois* variables, et que ses dérivées partielles des *trois* premiers ordres s'annulent identiquement. Il s'agira alors d'établir, par la considération de la différentielle du quatrième ordre de la fonction, les conditions de l'existence du *maximum* ou du *minimum*. L'analyse que nous emploierons pour résoudre cette question particulière s'applique, comme on le verra facilement, au cas le plus général: la fonction donnée peut contenir un nombre quelconque de variables indépendantes, et l'on peut supposer que toutes ses différentielles, à commencer par celle du second ordre, jusqu'à un ordre impair quelconque, inclusivement, s'annulent identiquement pour les valeurs des variables qui réduisent à zéro les premières dérivées partielles de la fonction.

Soit donc

$$u = f(x, y, z);$$

nous supposons de plus qu'ayant résolu par rapport à x, y, z les équations

$$\frac{du}{dx} = 0, \quad \frac{du}{dy} = 0, \quad \frac{du}{dz} = 0,$$

on ait trouvé, entr'autres, le système

$$x = a, \quad y = b, \quad z = c$$

qui réduit à zéro chacune des *six* dérivées partielles du second ordre, ainsi que chacune des *dix* dérivées du troisième. Pour décider si $f(a, b, c)$ est un *maximum* ou un *minimum*, ou bien ni l'un ni l'autre, il faudra examiner la différentielle quatrième d^4u. Si cette différentielle conserve constamment le même signe quelles que soient les valeurs de dx, dy, dz, $f(a, b, c)$ sera un *maximum* ou un *minimum* suivant que d^4u sera *négative* ou *positive*. Au contraire, si d^4u est tantôt positive, tantôt négative, $f(a, b, c)$ ne sera ni un *maximum* ni un *minimum*.

Le développement de d^4u, ordonné suivant les puissances descendantes de dx, donne

$$\begin{aligned} d^4u = {} & Adx^4 + 4(Bdy + Cdz)dx^3 + 6(Ddy^2 + 2Edydz + Gdz^2)dx^2 \\ & + 4(Hdy^3 + 3Kdy^2dz + 3Ldydz^2 + Mdz^3)dx \\ & + Ndy^4 + 4Pdy^3dz + 6Qdy^2dz^2 + 4Rdydz^3 + Sdz^4, \end{aligned}$$

dans lequel on a fait, pour abréger,

$$A = \frac{d^4u}{dx^4}, \quad B = \frac{d^4u}{dx^3dy}, \quad C = \frac{d^4u}{dx^3dz}, \quad D = \frac{d^4u}{dx^2dy^2} \text{ etc.}$$

pour les valeurs $x = a, y = b, z = c$.

Si l'on pose en outre

$$\frac{dx}{dz} = t, \quad \frac{dy}{dz} = T,$$

on aura

$$\left.\begin{aligned} d^4u = Adz^4\Big[t^4 + 4\Big(\frac{B}{A}T + \frac{C}{A}\Big)t^3 + 6\Big(\frac{D}{A}T^2 + 2\frac{E}{A}T + \frac{G}{A}\Big)t^2 + 4\Big(\frac{H}{A}T^3 + 3\frac{K}{A}T^2 + 3\frac{L}{A}T + \frac{M}{A}\Big)t \\ + \frac{N}{A}T^4 + 4\frac{P}{A}T^3 + 6\frac{Q}{A}T^2 + 4\frac{R}{A}T + \frac{S}{A}\Big]. \end{aligned}\right\} \quad (25)$$

Pour que d^4u conserve constamment le même signe il faudra que le polynome

$$t^4 + 4\Big(\frac{B}{A}T + \frac{C}{A}\Big)t + \text{etc.} \quad (26)$$

compris entre les parenthèses carrées, soit constamment positif; par conséquent ce polynome, égalé à zéro, et résolu par rapport à t, ne devra avoir que des racines imaginaires quelque soit le nombre arbitraire T. Ce sont ces conditions qu'il s'agit de trouver, et c'est à quoi nous allons procéder.

Supposons, pour abréger,

$$\left.\begin{aligned} I_1 &= \frac{B}{A}T + \frac{C}{A} \\ I_2 &= \frac{D}{A}T^2 + 2\frac{E}{A}T + \frac{G}{A} \\ I_3 &= \frac{H}{A}T^3 + 3\frac{K}{A}T^2 + 3\frac{L}{A}T + \frac{M}{A} \\ I_4 &= \frac{N}{A}T^4 + 4\frac{P}{A}T^3 + 6\frac{Q}{A}T^2 + 4\frac{R}{A}T + \frac{S}{A} \end{aligned}\right\} \quad (27)$$

l'indice de I indiquant le degré du polynome en T. Nous aurons à chercher les conditions pour que les quatre racines de l'équation

$$t^4 + 4I_1t^3 + 6I_2t^2 + 4I_3t + I_4 = 0$$

soient imaginaires, les coefficients I_1, I_2, I_3, I_4 variant avec la quantité arbitraire T. Appliquons à cette équation le théorème de Sturm, en ne conservant que le premier terme dans chaque reste; on trouvera la série

$$t^4, \quad t^3, \quad B_1t^2, \quad B_2t, \quad B_3; \quad (28)$$

les valeurs de B_1, B_2, B_3 en fonction de I_1, I_2, I_3, I_4 seront déterminées par les formules suivantes:

$$\left.\begin{aligned} B_1 &= I_1^2 - I_2 \\ B_2 &= (I_1^2 - I_2)[9I_2^2 - 8I_1I_3 - I_4] - 3(I_1I_2 - I_3)^2 \\ B_3 &= \Big\{I_3'\Big[(3I_1I_2' - I_3')I_3' - (3I_2I_2' - I_4')I_2'\Big] - I_2'\Big[(3I_1I_2' - I_3')I_4' - I_3.I_2'^2\Big]\Big\} \times \\ &\quad \times\Big\{(3I_1I_2' - I_3')I_4' - I_3I_2'^2\Big\} - \Big[(3I_1I_1' - I_3')I_3' - (3I_2I_2' - I_4')I_2'\Big]^2I_4'. \end{aligned}\right\} \quad (29)$$

Dans l'expression de B_3 on a supposé, pour abréger,

$$I_2' = 3(I_1^2 - I_2)$$
$$I_3' = 3(I_1 I_2 - I_3)$$
$$I_4' = I_1 I_3 - I_4,$$

et de plus on a fait abstraction dans les valeurs de B des facteurs essentiellement positifs. Or, en nous reportant à ce qui a été prouvé plus haut (n° 8) relativement aux conditions pour que les quatre racines d'une équation du quatrième degré soient imaginaires, nous conclurons que l'équation (26) aura toutes ses racines imaginaires si l'on a, en premier lieu

$$B_3 > 0,$$

et de plus, si l'une des deux conditions

$$B_1 > 0 \text{ et } B_2 < 0,$$

ou

$$B_1 < 0$$

est vérifiée quelle que soit d'ailleurs la valeur de T. Notre assertion est complétement légitime, car, supposons par exemple que, pour une valeur déterminée $T = T'$, les quantités correspondantes B_1', B_2', B_3' ne satisfont pas aux conditions prescrites; cela voudrait dire que l'équation

$$t^4 + 4\left(\frac{B}{A}T' + \frac{C}{A}\right)t^3 + \text{etc.} = 0$$

n'aurait pas toutes ses racines imaginaires. Donc, nous le répétons, pour que l'équation (26) ait toutes ses racines imaginaires, il faut que l'on ait ou les trois conditions simultanées

$$B_1 > 0, \quad B_2 < 0, \quad B_3 > 0 \text{ } \textit{pour } T \textit{ arbitraire},$$

ou bien les deux suivantes:

$$B_1 < 0, \quad B_3 > 0 \textit{ pour } T \textit{ arbitraire}.$$

Cela établi, le problème qui nous occupe est résolu. En effet, les quantités B_1, B_2, B_3, en vertu des équations (27) et (29), se réduiront respectivement à des polynomes en T du *second*, du *sixième* et du *seizième* degré, c'est-à-dire d'un degré *pair*. Or, dans les premiers numéros de notre Mémoire, nous avons vu comment on parvient aux conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un polynome d'un degré pair quelconque, à une variable, reste constamment soit positif, soit négatif. Ainsi, sauf l'excessive longueur des calculs qui, d'ailleurs, ne peuvent présenter aucune difficulté théorique, notre question est résolue d'une manière complète.

11. Nous venons de ramener le cas d'un polynome de *trois* variables indépendantes à celui de deux. On traitera tout-à-fait de la même manière le cas d'une fonction à *quatre* variables indépendantes, qu'on ramenera d'abord à celui de *trois* variables, et par suite à celui

de *deux*. Pour le faire voir, appliquons le même mode de transformation que plus haut à la différentielle du second ordre d'une fonction à *quatre* variables; soit

$$u = f(x, y, z, p)$$

la fonction donnée. Ayant résolu les équations

$$\frac{du}{dx} = 0, \quad \frac{du}{dy} = 0, \quad \frac{du}{dz} = 0, \quad \frac{du}{dp} = 0,$$

et en ayant déduit le système

$$x = a, \quad y = b, \quad z = c, \quad p = h,$$

on le substitue dans les dix dérivées partielles du second ordre de la fonction u. Si, dans cette hypothèse, l'on pose pour abréger

$$\frac{d^2u}{dx^2} = A_0, \quad \frac{d^2u}{dxdy} = A_0A, \quad \frac{d^2u}{dxdz} = A_0B \text{ etc.},$$

et que l'on fasse de plus

$$\frac{dx}{dp} = t, \quad \frac{dy}{dp} = T, \quad \frac{dz}{dp} = T',$$

on aura

$$d^2u = A_0dp^2\Big[t^2 + 2(AT + BT' + C)t + DT^2 + 2(ET' + G)T + HT'^2 + 2KT' + L\Big].$$

Pour que le polynome, entre les parenthèses carrées, reste constamment positif, il faudra que l'on ait la condition

$$DT^2 + 2(ET' + G)T + HT'^2 + 2KT' + L - (AT + BT' + C)^2 > 0,$$

ou bien

$$(D - A^2)T^2 + 2\Big[(E - AB)T' + G - AC\Big]T$$
$$+ (H - B^2)T'^2 + 2(K - BC)T' + L - C^2 > 0.$$

Voilà donc notre polynome à *trois* variables t, T et T' réduit à une expression qui n'en renferme plus que *deux*, nommément T et T'. En y appliquant le procédé connu, on obtiendra immédiatement, d'abord la condition

$$D - A^2 > 0,$$

et puis

$$(D - A^2)\Big[(H - B^2)T'^2 + 2(K - BC)T' + L - C^2\Big] - \Big[(E - AB)T' + G - AC\Big]^2 > 0,$$

ou bien, par le développement,

$$\Big[(D - A^2)(H - B^2) - (E - AB)^2\Big]T'^2 + 2\Big[(D - A^2)(K - BC) - (E - AB)(G - AC)\Big]T'$$
$$+ (D - A^2)(L - C^2) - (G - AC)^2 > 0.$$

Pour que cette expression du second degré, qui ne contient plus que la seule arbitraire T', conserve constamment le signe *plus*, on devra avoir les deux conditions simultanées

$$(D - A^2)(H - B^2) - (E - AB)^2 > 0$$

et

$$\Big[(D-A^2)(L-C^2) - (G-AC)^2\Big]\Big[(D-A^2)(H-B^2) - (E-AB)^2\Big]$$
$$- \Big[(D-A^2)(K-BC) - (E-AB)(G-AC)\Big]^2 > 0,$$

lesquelles, avec la première condition

$$D - A^2 > 0,$$

trouvée tout-à-l'heure, fournissent les caractères, nécessaires et suffisants, pour assurer l'invariabilité du signe de la différentielle d^2u; ces trois conditions remplies, la différentielle d^2u sera positive ou négative suivant que la quantité $A_0 = \frac{d^2u}{dx^2}$ sera elle-même positive ou négative.

12. Quoique dans les deux numéros précédents nous n'ayons traité que des cas particuliers, mais il est visible que l'analyse qui a été exposée s'applique au cas général. Quelque soit le nombre de variables dont dépend la fonction donnée, et quelque soit le nombre de différentielles consécutives qui s'annulent identiquement, en supposant ce dernier comme de raison *impair*, on pourra toujours trouver les caractères qui assurent l'invariabilité du signe de la première différentielle de l'ordre *pair* qui ne se réduit pas identiquement à zéro. Quant à la prolixité des calculs, exigés par la méthode générale, elle est inhérente à la nature de la question. Dans des cas particuliers, on pourra souvent abréger ces calculs par des artifices d'analyse appropriés aux particularités du problème que l'on résout.

Nous terminerons le Mémoire en faisant observer que le procédé exposé dans le no. 5 peut facilent être appliqué à la recherche des conditions pour qu'une équation d'un degré quelconque, pair ou impair, ait un nombre déterminé de racines réelles. Cette extension du procédé, entièrement fondé sur le théorème de Sturm, ne présente aucune difficulté.

UEBER

DEN RUSSISCHEN PHENAKIT.

VON

N. v. KOKSCHAROW.

Mit fünf lithographirten Tafeln.

Gelesen den 30. Januar 1857.

Ueber den russischen Phenakit.

In Russland findet sich der Phenakit bloss im Ural, wo bis jetzt nur zwei Fundorte von ihm bekannt sind, nämlich: in den Smaragdgruben (85 Werst von Katharinenburg) und im Ilmengebirge.

Die Entdeckung des Phenakits verdanken wir N. v. Nordenskiöld, der der Erste war, der eine ausführliche Beschreibung von diesem schönen Mineral gab[1]). Die Bestimmung des Phenakits hat der eben angeführte Gelehrte an Exemplaren vollzogen, die er im Jahre 1833 von S. E. dem Grafen L. A. v. Perowsky erhielt und die aus den Smaragdgruben aus der Umgegend von Katharinenburg, stammten[2]). Im Anfang waren die russischen Smaragdgruben der einzige Fundort des Phenakits, doch später, nämlich im Herbst des Jahres 1834, fand Ernst Beyrich dasselbe Mineral bei Frammont in Lothringen, in Frankreich, und gab eine ausführliche Beschreibung von ihm, und endlich im Jahre 1844 erkannte mein hochverehrter Lehrer, Gustav Rose, unter den Mineralien, die ihm die Herren R. Hermann und J. Auerbach aus dem Ilmengebirge zusandten, dass der Phenakit auch in dieser Localität vorkäme, worüber er später eine detaillirte Mittheilung gab.

Wenn man für die Grundform des Phenakits einen Rhomboëder annimmt, dessen Flächen in den Polkanten unter einem Winkel $= 116^\circ\ 36'\ 0''$ und in den Mittelkanten $= 63^\circ\ 24'\ 0''$ geneigt sind, und wenn man durch a die Haupt- oder Vertikalaxe und durch b eine jede von den drei Horizontalaxen bezeichnet, so bekommt man folgendes Axenverhältniss:

$$a : b : b : b = 0{,}661065 : 1 : 1 : 1$$
$$= \sqrt{0{,}437007} : 1 : 1 : 1$$

1) Poggendorffs Annalen 1833, Bd. XXVIII, S. 420, und 1834, Bd. XXXI, S. 57.

2) N. v. Nordenskiöld drückt sich bei dieser Gelegenheit folgendermaassen aus:

«Das Mineral wurde mir durch die Güte des Hrn. Vicepräsidenten Perowsky aus St. Petersburg zugesandt, «nebst verschiedenen anderen Mineralien vom Ural, welche derselbe auf einer Inspectionsreise in jenen Gegenden «gesammelt hatte. Wiewohl es für Quarz ausgegeben wurde, mit dem es in gewisser Hinsicht eine erstaunliche «Aehnlichkeit hat, so schien es mir doch, wegen der besonderen Ausbildung seiner Krystalle, eine nähere Aufmerk- «samkeit zu verdienen. Durch Untersuchung vor dem Löthrohr fand sich bald, dass das Fossil nicht allein Quarz «sein könne, und dies Resultat wurde durch die vom Hrn. Adjunct Hartwall vorgenommene Analyse, die ich mit «seiner Erlaubniss in dem Folgenden bekannt mache, vollends bestätigt.»

und ferner können alle Formen, die sich an den Krystallen des russischen Phenakits haben bestimmen lassen, folgendermaassen ausgedrückt werden:

Rhomboëder der ersten Art.

In den Figuren.	Nach Weiss.	Nach Naumann.
R	$+\frac{1}{4}(a:b:b:\infty b)$	$+\frac{P}{4}$
r	$-\frac{1}{4}(a:b:b:\infty b)$	$-\frac{P}{4}$
d	$-\frac{1}{4}(\frac{1}{2}a:b:b:\infty b)$	$-\frac{\frac{1}{2}P}{4}$
m	$-\frac{1}{4}(2a:b:b:\infty b)$	$-\frac{2P}{4}$

Rhomboëder der zweiten Art.

p	$+\frac{1}{4}(\frac{1}{3}a:b:\frac{1}{2}b:b)$	$+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}$
	$-\frac{1}{4}(\frac{1}{3}a:b:\frac{1}{2}b:b)$	$-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}$
o	$+\frac{1}{4}(\frac{2}{3}a:b:\frac{1}{2}b:b)$	$+\frac{\frac{4}{3}P2}{4}$

Rhomboëder der dritten Art.

x	$+\frac{1}{4}\frac{r}{l}(a:2b:\frac{2}{3}b:b)$	$+\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$
	$+\frac{1}{4}\frac{l}{r}(a:2b:\frac{2}{3}b:b)$	$+\frac{l}{r}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$
s	$-\frac{1}{4}\frac{r}{l}(a;\frac{1}{2}b:\frac{1}{3}b:b)$	$-\frac{r}{l}\frac{3P\frac{3}{2}}{4}$

Hexagonales Prisma der ersten Art.

g	$\frac{1}{4}(\infty a:b:b:\infty b)$ $\frac{\infty P}{4}$

Hexagonales Prisma der zweiten Art.

a	$\frac{1}{4}(\infty a:2b:b:2b)$ $\frac{\infty P2}{4}$

Die wichtigsten Combinationen der oben genannten Formen der russischen Phenakitkrystalle sind auf Taf. I, II, III, IV u. V in schiefer und horizontaler Lage dargestellt, nämlich:

Fig. 1 und 1^{bis} / Fig. 2 und 2^{bis} $+\frac{P}{4}\,(R)\cdot\frac{\infty P2}{4}\,(a)$

Fig. 3 und 3bis) $+\frac{P}{4}\cdot\frac{\infty P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R g a

Fig. 4 und 4bis) $+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
p p a

Fig. 5 und 5bis) $-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
d a

Fig. 6 und 6bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot\frac{\infty P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R d g a

Fig. 7 und 7bis) $+\frac{P}{4}\cdot+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot\frac{\infty P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R p p g a

Fig. 8 und 8bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R d a

Fig. 9 und 9bis) $+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot\frac{\infty P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
p p g a

Fig. 10 und 10bis) $+\frac{P}{4}\cdot+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R p p a

Fig. 11 und 11bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot\frac{\infty P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R d p p g a

Fig. 12 und 12bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R d p p a

Fig. 13 und 13bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot+\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}\cdot\frac{\infty P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R r d p p x g a

Fig. 14 und 14bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot+\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R r d p p x a

Fig. 15 und 15bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot+\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}\cdot-\frac{r}{l}\frac{3P\frac{3}{2}}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R r d p p x s a

Fig. 16 und 16bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot+\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}\cdot-\frac{r}{l}\frac{3P\frac{3}{2}}{4}\cdot\frac{\infty P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R r d p p x s g a

Fig. 17 und 17bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot+\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$
R r p p x

Fig. 18 und 18bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot+\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{2}{3}P2}{4}\cdot+\frac{\frac{4}{3}P2}{4}\cdot+\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R r d p p o x a

*

Fig. 19 und 19bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot+\frac{\frac{3}{2}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{3}{2}P2}{4}\cdot+\frac{\frac{4}{3}P2}{4}\cdot+\frac{r}{1}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}\cdot+\frac{1}{r}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R r p p o x x a

Fig. 20 und 20bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot-\frac{2P}{4}\cdot+\frac{\frac{3}{2}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{3}{2}P2}{4}+\frac{r}{1}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}\cdot\frac{\infty P}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R r m p p x g a

Fig. 21 und 21bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot+\frac{\frac{3}{2}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{3}{2}P2}{4}$
R r p p

Fig. 22 und 22bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot+\frac{\frac{3}{2}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{3}{2}P2}{4}$
R r d p p

Fig. 23 und 23bis) $+\frac{P}{4}\cdot-\frac{P}{4}\cdot-\frac{\frac{1}{2}P}{4}\cdot+\frac{\frac{3}{2}P2}{4}\cdot-\frac{\frac{3}{2}P2}{4}\cdot+\frac{r}{1}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}\cdot+\frac{\frac{4}{3}P2}{4}\cdot-\frac{r}{1}\frac{3P\frac{3}{2}}{4}\cdot\frac{\infty P2}{4}$
R r d p p x o s a

1) Phenakit aus den Smaragdgruben von Katharinenburg[1]).

Hier begegnet man dem Phenakit in demselben Glimmerschiefer, der ausser dem Smaragd noch viele andere Mineralien enthält, wie z. B. den Alexandrit (Chrysoberyll), Apatit, Quarz, Flussspath u. s. w.; so dass man bisweilen einige dieser Mineralien auf ein und demselben Stücke vereinigt sehen kann, wie den Phenakit mit dem Smaragd oder mit dem Alexandrit etc. Im Museum des Berginstituts zu St. Petersburg befinden sich Phenakitkrystalle, die selbst in ihrem Inneren krystallisirten Alexandrit enthalten.

Die Phenakitkrystalle aus den Smaragdgruben zeichnen sich besonders durch ihre bedeutende Grösse, so wie auch in einigen Fällen durch ihre vollständige Durchsichtigkeit aus. Krystalle, die eine Grösse von 10 und mehr Centimeter im Durchmesser haben, habe ich Gelegenheit gehabt in dem Museum des Berginstituts und in den schönen Sammlungen der Herren v. Rauch und P. A. v. Kotschubey zu sehen. In meiner eignen Sammlung befindet sich ein Krystall, der ungefähr 9 Centimeter im grössten Durchmesser hat und ungefähr 6 Centimeter hoch ist, und der 1 Pfund und 59 Solotnik wiegt. Die Phenakitkrystalle kommen in den Smaragdgruben nesterweise vor. Zu Drusen vereinigte Krystalle sind viel seltener; man begegnet im Gegentheil ziemlich häufig Stücken, die aus drei oder mehr in paralleler Stellung verwachsenen Individuen bestehen. Was den Grad der Durchsichtigkeit anbelangt, so ist derselbe sehr verschieden. Einige Krystalle sind vollkommen durchsichtig ohne den geringsten Riss, andere dagegen theilweise durchsichtig, theilweise rissig, noch andere ganz rissig und halbdurchsichtig, auch giebt es welche, die rissig und bloss an den Kanten durchscheinend sind. Der Phenakit aus dieser Localität ist gewöhnlich ganz farblos, doch zuweilen auch ein

1) Die Smaragdgruben liegen nach des Grafen L. v. A. Perowsky und der Herren Gustav Rose und N. v. Nordenskiöld Angaben 85 Werst (nach C. Grewingk aber 60 bis 70 Werst) nordöstlich von der Stadt Katharinenburg, nicht weit von dem Flusse «Bolschoi Reft», einem linken Nebenflusse der Püschma (Горн. Журналъ, 1851, Час. II, стр. 147. Gustav Rose, Reise nach dem Ural und Altai, 1837, Bd. I. S. 483. C. Grewingk, Verhandl. der R. K. Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg. Jahrgang 1854, S. 206).

wenig gelb oder grau gefärbt. In sehr seltenen Fällen trifft man, dass die ganz vollkommen durchsichtigen Krystalle eine angenehme, blass rosenrothe Farbe haben und in diesem Falle verdienen sie den Vorzug, um zum Schleifen als Schmucksachen angewandt zu werden.

Die Phenakitkrystalle aus den Smaragdgruben bieten grösstentheils ziemlich einfache auf Fig. 1 bis 12 abgebildete Combinationen dar, nämlich: 1) den Grundrhomboëder $R = +\frac{P}{4}$, dessen Mittelkanten durch die, mehr oder weniger schmalen oder mehr oder weniger breiten, Flächen des hexagonalen Prismas zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$ abgestumpft werden, woher die Combinationen im ersten Falle ein mehr rhomboëdrisches (Fig. 1), im zweiten Falle aber ein mehr prismatisches (Fig. 2) Aussehen erhalten. 2) Die vorhergehende Combination mit Hinzufügung der Flächen des hexagonalen Prismas erster Art $g = \frac{\infty P}{4}$. Diese letzten Flächen bilden gewöhnlich mehr oder weniger breite Abstumpfungen der Kanten des hexagonalen Prismas zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$ (Fig. 3). 3) Das hexagonale Prisma zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$, dessen Enden durch die Flächen der zwei Rhomboëder zweiter Art $p = \pm\frac{\frac{3}{5}P2}{4}$ zugespitzt werden, woher die Zuspitzungsflächen auf den Flächen des Prismas gerade aufgesetzt sind (Fig. 4). Da aber die Flächen der beiden genannten Rhomboëder grösstentheils im gleichen Grade entwickelt sind, so erscheinen sie als eine wahre hexagonale Pyramide der zweiten Art und bilden gewöhnlich eine sehr symmetrische Zuspitzung. 4) Das hexagonale Prisma zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$, dessen Enden durch die Flächen des Rhomboëders erster Art $d = -\frac{\frac{1}{2}P}{4}$ (erster stumpferer Rhomboëder) zugespitzt sind (Fig. 5). Der Grundrhomboëder $R = +\frac{P}{4}$, dessen Polkanten durch die Flächen des Rhomboëders erster Art $d = -\frac{\frac{1}{2}P}{4}$, dessen Mittelkanten durch die Flächen des hexagonalen Prismas zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$ und dessen Mittelecken durch die Flächen des hexagonalen Prismas erster Art $g = \frac{\infty P}{4}$ abgestumpft sind (Fig. 6). Diese Combination ist zuerst von N. v. Nordenskiöld beschrieben worden. 6) Das hexagonale Prisma zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$, dessen Enden durch die Flächen der beiden Rhomboëder zweiter Art $p = \mp\frac{\frac{3}{5}P2}{4}$ zugespitzt und dessen Kanten durch die Flächen des hexagonalen Prismas erster Art $g = \infty P$, so wie die abwechselnden Combinationsecken durch die kleinen Flächen des Grundrhomboëders $R = +\frac{P}{4}$ abgestumpft sind (Fig. 7). 7) Das hexagonale Prisma zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$, desssen Enden durch die Flächen des Rhomboëders erster Art $d = -\frac{\frac{1}{2}P}{4}$ zugespitzt sind und dessen abwechselnde Combinationsecken durch die Flächen des Hauptrhomboëders $R = +\frac{P}{4}$ abgestumpft sind (Fig. 8). 8) Das hexagonale Prisma zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$, dessen Enden durch die Flächen der beiden Rhomboëder $p = \pm\frac{\frac{3}{5}P2}{4}$ zugespitzt und dessen Kanten durch die Flächen des hexagonalen Prismas erster Art $g = \frac{\infty P}{4}$ abgestumpft

sind (Fig. 9). 9) Das hexagonale Prisma zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$, dessen Enden durch die Flächen der beiden Rhomboëder zweiter Art $p = \pm \frac{\frac{2}{3}P2}{4}$ zugespitzt und dessen abwechselnde Combinationsecken durch die Flächen des Grundrhomboëders $R = +\frac{P}{4}$ abgestumpft sind (Fig. 10). 10) Die Combination Fig. 8 mit Beifügung der Flächen der beiden Rhomboëder zweiter Art $p = \pm \frac{\frac{2}{3}P2}{4}$, die als Abstumpfungsflächen der Combinationskanten zwischen den Flächen d und R (Fig. 12) erscheinen. 11) Die vorhergehende Combination mit Hinzufügung der Flächen des hexagonalen Prismas erster Art $g = \frac{\infty P}{4}$ (Fig. 11).

Dieses sind die wichtigsten Combinationen; doch in einigen, aber seltnen Fällen kommen auch complicirtere vor, z. B. solche, wo die Flächen der Formen x, r, s und m als schmale Abstumpfungen eintreten. Diese letzten Flächen sind aber gewöhnlich sehr klein und undeutlich ausgebildet. Obgleich ich bis jetzt nie, an den durch meine Hände gegangenen Krystallen, die Rhomboëder zweiter Art $p = \pm \frac{\frac{2}{3}P2}{4}$ von einander getrennt gesehen habe, sondern immer vereint, so ist es doch zu bemerken, dass an manchen Krystallen, wo die Flächen dieser beiden Rhomboëder $p = \pm \frac{\frac{2}{3}P2}{4}$ nicht zu breite Zuschärfungen der Polkanten des Grundrhomboëders $R = +\frac{P}{4}$ bilden, dieselben nicht gleichmässig ausgedehnt sind und gewöhnlich sind die sechs abwechselnden Flächen $p = +\frac{\frac{2}{3}P2}{4}$ viel breiter, als die anderen sechs Flächen $p = -\frac{\frac{2}{3}P2}{4}$.

Die Beschaffenheit der Krystallflächen ist sehr verschieden. Gewöhnlich gehören die Flächen des hexagonalen Prismas zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$ zu den ebensten und glänzendsten. Wenn die Flächen des Grundrhomboëders $R = +\frac{P}{4}$ sehr entwickelt sind, so sind sie auch ziemlich eben und glänzend, obgleich in viel geringerem Grade als die vorhergehenden Flächen. In den Krystallen aber, wo die Flächen des Grundrhomboëders $R = +\frac{P}{4}$ als untergeordnet erscheinen (Fig. 7, 8, 10, 11 u. 12) sind dieselben grösstentheils rauh und nicht glänzend. Die Flächen der Rhomboëder zweiter Art $p = \pm \frac{\frac{2}{3}P2}{4}$ sind fast immer matt, obgleich zuweilen ziemlich eben. Die Flächen des Rhomboëders erster Art $d = -\frac{\frac{1}{2}P}{4}$ sind uneben, nicht glänzend und oft schwach drusen artig. Die Flächen des Prismas erster Art $g = \frac{\infty P}{4}$ sind immer rauh und nicht glänzend. Eben dasselbe kann man auch von den seltenen kleinen Flächen $r = -\frac{P}{4}$ $m = -\frac{2P}{4}$, $x = +\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$ und $s = -\frac{r}{l}\frac{3P\frac{3}{2}}{4}$ sagen, den an den Exemplaren, die ich zu beobachten Gelegenheit hatte, waren dieselben rauh, schwach abgerundet und nicht glänzend. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Flächen des hexagonalen Prismas zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$ sich durch Klarheit und Ebenheit auszeichnen, während die übrigen unebener und weniger spiegelnd sind.

Wenn einige Phenakitkrystalle aus den Smaragdgruben ziemlich vollkommen ausgebildet sind (obgleich sie fast immer etwas abgerundete Kanten haben), so kommen doch auch viele, und zwar die grösste Anzahl derselben, nur zum Theil ausgebildet vor. Es gehört zu keiner Seltenheit Krystallen zu begegnen, deren eine Hälfte von ziemlich ebenen und ziemlich gut ausgebildeten Flächen begränzt ist, während die andere Hälfte aus kaum erkenntlichen und durchlöcherten Flächen besteht.

Bisweilen dehnen sich die zwei parallelen Flächen des Grundrhomboëders $R = +\frac{P}{4}$ sehr in der Richtung ihrer kurzen Diagonale aus, wodurch die andern vier Flächen R fast verschwinden und die Flächen des hexagonalen Prismas zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$ in einer Richtung sehr verkürzt und in der andern sehr verlängert erscheinen. Das auf diese Art gebildete Individuum hat etwas Aehnliches mit einer Ader, die den smaragdführenden Glimmerschiefer durchdringt.

Die Spaltbarkeit an den Phenakitkrystallen aus den Smaragdgruben ist am deutlichsten nur parallel den Flächen des hexagonalen Prismas zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$ zu beobachten. Nach den Flächen des Grundrhomboëders $R = +\frac{P}{4}$ ist sie kaum bemerkbar. Die Krystalle besitzen ziemlich starken Glasglanz. Ihre Härte ist etwas grösser als die des Quarzes. Das specifische Gewicht ist nach der Bestimmung von N. v. Nordenskiöld = 2,969, nach A. Breithaupt = 3,001 und nach meiner Bestimmung = 2,982[1]). Der Bruch ist ganz wie der des Quarzes.

Das Verhalten des Phenakits, aus dieser Localität vor dem Löthrohre wurde zuerst mit grosser Ausführlichkeit von N. v. Nordenskiöld untersucht, derselbe erwähnt darüber folgendes[2]):

«Vor dem Löthrohre, auch gepulvert, vollkommen unschmelzbar, unveränderlich. Vom «Borax in kleinen Stücken träg, in Pulver leichter zu einem klaren Glase löslich; man erreicht «einen Sättigungsgrad, bei dem die Kugel zwar klar bleibt, aber durch Flattern setzt sie weisse «Flocken ab, welche dann ohne neuen Zusatz von Borax, schwer fortzublasen sind. In der «Platinzange kann man leichter als auf Kohlen das Verhältniss treffen, bei welchem die Kugel «durch Flattern fleckenweis unklar, und in der inneren Flamme wieder klar wird. Von Phos«phorsalz wird es, selbst gepulvert, äusserst träge gelöst, und um das Ungelöste erscheint ein «Kieselskelett, nach dem Erkalten wird die Kugel emailähnlich, wenn viel Steinpulver zugegen «ist. Mit Soda giebt es in keinem Verhältniss ein klares Glas, sondern nur ein weisses Email, «worin die ungeschmolzene Masse von einer geschmolzenen durchdrungen zu sein scheint. Auf «Platinblech mit Soda erhält man eine weisse, ungeschmolzene Schlacke, und das überflüssige «Natron träufelt ab, ohne einen Fleck auf dem Platin zu hinterlassen. Mit Kobaltsolution eine «schmutzig graublaue Farbe, welche beim beginnenden Schmelzen an einigen Stellen klarer «wird, aber nicht so schön als bei der Kieselerde».

1) Vergl. unten «Specifisches Gewichts des Phenakits».

2) Poggendorff's Annalen, 1834, Bd. XXXI. S. 59.

Die chemische Analyse des Phenakits aus den Smaragdgruben wurde von Hartwall[1]) ausgeführt, der folgende Resultate erhielt:

Kieselerde	55,14
Beryllerde	44,47
Spur von Thonerde und Talkerde, nebst Verlust	0,39
	100,00

2) Phenakit aus dem Ilmengebirge.

Der Phenakit kommt hier auf der Ostseite des Ilmensees, 5 Werst nördlich von der Hütte Miask; vor, und bildet in krystallographischer Hinsicht die schönste und interessanteste Varietät. Wir verdanken R. Hermann und J. Auerbach die Entdeckung dieses Minerals im Ilmengebirge und die erste Bestimmung und ausführliche Beschreibung desselben, wie schon oben bemerkt wurde, Gustav Rose. Die Geschichte der Entdeckung des Minerals in dieser Localität giebt R. Hermann in folgenden Worten:

«Unter einigen Topasen, die ich aus Miask erhalten hatte, bemerkten wir, Hr. Dr. Auer-«bach und ich, einen Krystall, dessen Form von der des Topases verschieden war. Da dieser «Krystall klein war und ich denselben durch eine chemische Untersuchung nicht zerstören «wollte, so übergab ich denselben Hrn. Dr. Auerbach, der eben im Begriff war, eine Reise «nach Berlin zu unternehmen, um ihn den dortigen Herren Professoren Weiss und Rose zu «zeigen und sie zu ersuchen, wo möglich, aus der Form jenes Krystalles seine Natur zu be-«stimmen. Diese Herren erkannten, dass der gedachte Krystall Phenakit sei. Es handelte sich «jetzt noch darum, die ursprüngliche Lagerstätte dieses Phenakits aufzufinden. Diese Nachfor-«schung wurde erleichtert durch den Umstand, dass auf derselben Stufe, auf welcher jener «Phenakitkrystall sass, noch zwei andere Mineralien vorkamen, nämlich Topas und bläulich «gefärbter Stilbit[2]). Der Phenakit musste also in einer Topasgrube des Distrikts von Miask vor-«kommen und zwar in einer Grube, in welcher der Granit durch kleine Gänge von bläulichem «Stilbit durchsetzt wird. Ich schikte oben erwähnte Stufe mit vorstehenden Bemerkungen an «den Aufseher über die Mineralgruben des Distrikts von Miask, Hrn. Stabs-Capitain Strischoff, «der auch alsbald die Grube, auf welcher jener blaue Silbit einbricht, ausfindig machte. Den «Phenakit fand man aber nicht, weil der Krystall, der Behufs der Messung ausgebrochen wor-«den war, unterwegs verloren ging, es daher an einem Mittel der Vergleichung fehlte. Als wir, «Dr. Auerbach und ich, im vorigen Herbste nach Miask kamen, stellten wir sogleich, ge-«meinschaftlich mit Hrn. Stabs-Capitain Strischoff, Nachforschungen auf der erwähnten

1) Poggendorff's Annalen, 1834, Bd. XXXI. S. 60.

2) Meinem Wissen nach ist dieser letztere noch von Niemand näher analysirt oder untersucht worden; es scheint sogar, dass seine Natur bisher noch nicht mit Sicherheit ermittelt worden ist. *N. K.*

«Grube an und waren auch alsbald so glücklich, hier den ilmenschen Phenakit auf seiner Ge-«burtsstätte zu finden u. s. w.»[1])

Die Lagerstätte des Phenakits aus dem Ilmengebirge ist ganz verschieden von der der Smaragdgruben. Im Ilmengebirge trifft man nämlich den Phenakit, zusammen mit grünen Feldspath- (Amazonenstein) und weissen Topaskrystallen, auf Granitgängen im Miascit. Er kommt hier auch bloss krystallisirt vor. Die Krystalle sind indessen sehr klein, sie variiren von der Grösse eines Stecknadelkopfs bis zu der einer Linse, doch, in einigen seltenen Fällen, begegnet man auch Krystallen, die 15 bis 20 Millimeter im grössten Durchmesser haben. Einen Krystall von dieser Grösse, der zugleich auch sehr schön ausgebildet und vollkommen durchsichtig war, hatte ich Gelegenheit bei dem Hrn. Stabs-Capitain des Berg-Ingenieur-Corps K. v. Romanowsky in Miask zu sehen. Wenn die Phenakitkrystalle aus dieser Localität auch an Grösse denen aus den Smaragdgruben nachstehen, so übertreffen sie bei Weitem diese letzteren in anderer Hinsicht. Die Krystalle aus den Smaragdgruben haben in der That fast immer mehr oder weniger abgerundete Kanten und bieten, wie wir oben gesehen haben, grösstentheils einfache Combinationen dar, während die Krystalle vom Ilmengebirge im Gegentheil sehr scharfkantig und sehr reich an Flächen sind. Sie kommen einzeln, oder häufiger zu Drusen vereint, auf grünem Feldspath aufgewachsen vor. Die Krystalle sind oft in so grosser Menge neben einander verwachsen, dass sie in diesem Falle eine weisse krystallinische Kruste bilden, die entweder eine oder die andere Fläche der Feldspathkrystalle bedeckt. Bisweilen begegnet man auch solchen krystallinischen Phenakitkrusten, die ihrerseits wieder von grauem, ziemlich zerbrechlichem Quarz überzogen sind.

Die wichtigsten Combinationen der Phenakitkrystalle vom Ilmengebirge sind auf Fig. 13 bis 23 abgebildet. Da die Figuren deutlich genug sind, um einen vollkommenen Begriff über das äussere Aussehen der Krystalle zu geben, so wollen wir eine specielle Beschreibung einer jeden Combination insbesondere übergehen, und hier hauptsächlich die Aufmerksamkeit unserer Leser auf die merkwürdige Tetaroëdrie richten, der diese Krystalle untergeordnet sind. Diese Tetartoëdrie, die, wie bekannt, von C. F. Naumann *rhomboëdrische Tetartoëdrie* genannt wird, ist eine der seltensten, welche bis jetzt an Mineralien beobachtet worden ist, woher sie ein besonderes Interesse bietet. Nach den Regeln der rhomboëdrischen Tetartoëdrie, die von C. F. Naumann so vollständig abgeleitet sind, müssen sich: die dihexagonalen Pyramiden mPn in Rhomboëder der dritten Art $\pm \frac{r}{l}\frac{mPn}{4}$ und $\pm \frac{l}{r}\frac{mPn}{4}$, die dihexagonalen Prismen mPn in

1) Journal für praktische Chemie von O. L. Erdmann und R. F. Marchand, Leipzig 1846. Bd. XXXVII, S. 186. Gustav Rose drückt sich über denselben Gegenstand folgendermaassen aus:

«Schon vor zwei Jahren hatte Hr. Hermann in Moskau die Güte mir durch Hrn. Dr. Auerbach mit andern «Neuigkeiten vom Ural einen schönen weissen, glänzenden Krystall zur Ansicht zu schicken, der auf den Topasgruben «im Ilmengebirge vorgekommen war, und den ich bei näherer Untersuchung als Phenakit erkannte. Ich hatte damals «nicht Zeit, mich weiter mit ihm zu beschäftigen; er ging daher wieder nach Moskau zurück: statt dessen erhielt nun «die königliche Sammlung eine Reihe anderer sowohl loser als aufgewachsener Krystalle, welche die genannten Ge-«lehrten von einer Reise nach dem Ural im Herbste des vorigen Jahres selbst mitgebracht hatten, die mich nun in den «Stand setzten, das Versäumte nachzuholen u. s. w.» (Poggendorffs Annalen, 1846, Bd. LXIX. S. 143).

hexagonale Prismen der dritten Art $\frac{\infty Pn}{4}$, die hexagonalen Pyramiden der Hauptreihe mP in Rhomboëder der ersten Art $\pm \frac{mP}{4}$ und die hexagonalen Pyramiden der Nebenreihe mP2 in Rhomboëder der zweiten Art $\pm \frac{mP2}{4}$ verwandeln. Was die beiden hexagonalen Prismen ∞P und $\infty P2$ anbelangt, so müssen sie scheinbar ganz unverändert bleiben, obwohl eigentlich jede ihrer Flächen nur als das zur weiteren Ausdehnung gelangte Viertel einer ganzen Fläche gedeutet werden muss, denen daher die Zeichen $\frac{\infty P}{4}$ und $\frac{\infty P2}{4}$ zukommen. Aus dem oben Angeführten ist ersichtlich, dass in den Krystallen der Mineralien, die der rhomboëdrischen Tetartoëdrie unterworfen sind, im Allgemeinen sämmtliche Pyramiden als Rhomboëder und sämmtliche Prismen als hexagonale Prismen erscheinen müssen. Betrachten wir also jetzt bis zu welchem Grade die Krystallisation des Phenakits aus dem Ilmengebirge diesen Forderungen entspricht.

In den Phenakitkrystallen aus dem Ilmengebirge, so wie aus Frammont, sind die Rhomboëder erster und dritter Art und das hexagonale Prisma dritter Art schon von Gustav Rose und Beyrich völlig nachgewiesen worden. Diese Formen sind in den Krystallen so deutlich und symmetrisch ausgebildet, dass sie keinen Zweifel übrig lassen, über die Rolle, die sie in den Combinationen spielen. Die Flächen der Rhomboëder dritter Art $x = +\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$ und $s = -\frac{r}{l}\frac{3P\frac{3}{2}}{4}$ kommen an den Krystallen aus dem Ilmengebirge so deutlich und regelmässig vor, dass ihre Lage, wie auch Gustav Rose erwähnt, nicht allein auf das Bestimmteste zu sehen, sondern auch fast rund um den Krystall zu verfolgen ist. Was aber die Rhomboëder zweiter Art anbelangt, so sind dieselben bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden, denn die am häufigsten vorkommenden Flächen $p = \pm \frac{\frac{3}{2}P2}{4}$ erscheinen an alten Krystallen als eine hexagonale Pyramide zweiter Art und die Flächen o sind so selten und klein, dass Gustav Rose nach den Exemplaren, die er in seinem Besitze hat, ihre Bedeutung nicht ermitteln konnte. Während meines vorjährigen Sommeraufenthaltes im Ural, habe ich mehrere Phenakitkrystalle aus dem Ilmengebirge gesammelt und unter diesen solche gefunden, wo die Flächen o ziemlich gross sind und wo sie nicht als eine hexagonale Pyramide zweiter Art, sondern als ein Rhomboëder zweiter Art erscheinen (Fig. 18, 19 u. 23), daher muss ihr krystallographischer Ausdruck wirklich $+\frac{\frac{1}{2}P2}{4}$ sein. Um die rhomboëdrische Tetartoëdrie noch vollständiger entwickelt zu sehen, bleibt es nur zu wünschen übrig solchen Krystallen zu begegnen, wo die Flächen $p = +\frac{\frac{3}{2}P2}{4}$ und $p = -\frac{\frac{3}{2}P2}{4}$ nicht zusammen, sondern getrennt von einander erscheinen; doch an den Krystallen aus dem Ilmengebirge, die durch meine Hände gegangen sind, habe ich dies Phänomen bis jetzt noch nicht beobachten können[1]).

1) Vielleicht wird man aber mit der Zeit unter den Phenakitkrystallen aus den Smaragdgruben solche finden, wo die Flächen p wirklich abwechselnd auf den Polkanten der Grundrhomboëder vorkommen, denn die Herren P. A. v. Kotschubey und N. I. Lawrow besitzen Alabastermodelle von einem Phenakitkrystall aus dieser Localität, an welchem

Die vorherrschendsten Flächen an den Phenakitkrystallen aus dem Ilmengebirge sind die des Grundrhomboëders $R = +\frac{P}{4}$, woher die Krystalle ein rhomboëdrisches Ansehen erhalten. Die Flächen des hexagonalen Prisma's zweiter Art $a = \infty\frac{P2}{4}$ erscheinen fast immer nur untergeordnet, als Abstumpfungsflächen der Mittelkanten des Grundrhomboëders. Die Flächen des hexagonalen Prisma's erster Art $g = \infty\frac{P}{4}$ sind kleiner als die des hexagonalen Prisma's zweiter Art $a = \infty\frac{2P}{4}$ und an vielen Krystallen fehlen sie auch gänzlich. Ich habe bloss an einem Krystalle, bei der grossen Anzahl, die mir zu Gesichte gekommen sind, die Flächen der beiden hexagonalen Prismen ziemlich stark entwickelt gesehen. Dieser Krystall ist auf Fig. 20 abgebildet; man bemerkt auch an demselben die Flächen des ersten schärferen Rhomboëders $m = -\frac{2P}{4}$, die bis jetzt, meinem Wissen nach, noch von Niemand an den Krystallen aus dem Ilmengebirge beobachtet worden sind. Die Flächen des Gegenrhomboëders $r = -\frac{P}{4}$ sind bald grösser, wie auf Fig. 15 (diese Combination ist zuerst von Gustav Rose beschrieben), bald kleiner. Dasselbe kann man auch von den Flächen des ersten stumpferen Rhomboëders $d = -\frac{\frac{1}{2}P}{4}$ sagen. Die Flächen der Rhomboëder zweiter Art $p = \pm\frac{\frac{2}{3}P2}{4}$ sind fast immer ziemlich entwickelt. Die Flächen des Rhomboëders zweiter Art $o = +\frac{\frac{4}{3}P2}{4}$ sind sehr selten und erscheinen gewöhnlich als schmale Abstumpfungen. Dasselbe gilt auch für die Flächen des ersten schärferen Rhomboëders $m = -\frac{2P}{4}$. Den Flächen der Rhomboëder x und s begegnet man sehr oft und zuweilen sogar recht gross. Obgleich die Flächen x grösstentheils auf einer Seite von R erscheinen, so trifft man doch in einigen, wenn auch seltenen Fällen, Krystalle, wo die Flächen x an beiden Seiten von R in ein und demselben Grade entwickelt sind (wie dies zu ersehen ist an einem Krystalle aus meiner Sammlung, den die Fig. 19 darstellt) und wo also $x = +\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$ und $x = +\frac{l}{r}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$ vereint sind. Es kommen auch solche Combinationen vor, wo auf einer Seite von R die breiteren Flächen $x = +\frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$ und auf der anderen die sehr kleinen oder bloss nur die Spuren der Flächen $x = +\frac{l}{r}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$ sich befinden. Bei der verschiedenen Ausdehnung der Flächen treten sehr gut die Zonen hervor, in denen die verschiedenen Flächen liegen, was überhaupt aber aus den Figuren am Besten zu ersehen ist.

Die Phenakitkrystalle aus dem Ilmengebirge sind farblos, oft vollkommen durchsichtig und ziemlich stark glänzend von Glasglanz. Von den Phenakitkrystallen aus Frammont unterscheiden sie sich, nach Gustav Rose's[1]) Bemerkung, hauptsächlich: durch die geringe Grösse

auf einer Kante des Grundrhomboëders sich bloss eine Fläche p mit einer Fläche d, ohne die geringste Spur von einer anderen Fläche p befindet. Ich habe auf diese Modelle keine weitere Rücksicht genommen, weil das Original selbst mir nicht zu Gesicht gekommen ist und weil die Combination derselben sehr unsymmetrisch dargestellt ist.

1) Poggendorff's Ann. 1846. Bd. LXIX. S. 148.

der Flächen des hexagonalen Prismas zweiter Art $a = \frac{\infty P2}{4}$, durch das stete Vorkommen der Flächen des Gegenrhomboëders $= -\frac{P}{4}$, durch den völligen Mangel von Zwillings-Verwachsungen, durch die stets vorkommende regelmässige Ausbildung ihrer beiden Enden, und, was den wesentlichsten Unterschied darbietet, durch die Stellung der Rhomboëder s und x, indem diese bei den Krystallen von Frammont, nach Beyrich's Darstellung, auf derselben Seite des Grundrhomboëders, aber bei den Krystallen vom Ilmengebirge auf entgegengesetzten Seiten liegen.

Obgleich im Allgemeinen an den Phenakitkrystallen vom Ilmengebirge alle Flächen glänzend sind, so muss man doch in dieser Hinsicht den Flächen r, x und o den Vorzug geben, denn diess sind gewöhnlich die glänzendsten und ebensten. Nach diesen kommen die Flächen g, a, s und m, die ebenfalls sehr eben und glänzend sind. Weniger eben, obgleich ziemlich glänzend, sind die Flächen R, d und p, die auch ziemlich oft etwas drusenartig erscheinen.

Zum Schlusse der Beschreibung des Phenakits vom Ilmengebirge kann ich nicht unterlassen den innigsten Dank meinen geehrten Freunden dem Hrn. Adjutanten S. M. des Kaisers P. A. v. Kotschubey, dem Hrn. Dr. R. v. Hermann und dem Hrn. Stabs-Capitain des Berg-Ingenieur-Corps K. D. v. Romanowsky auszudrücken, die mit der grössten Bereitwilligkeit mir ihre schönen Krystalle zur Untersuchung darboten.

Winkel der Krystalle des Phenakits.

Wenn man das oben angeführte Axenverhältniss der Grundform $a : b : b = 0{,}661065 : 1 : 1 : 1$ annimmt, so ergeben sich folgende Winkel, die aber bloss den Phenakitkrystallen aus Frammont und denen aus dem Ilmengebirge entsprechen, weil man bisher nur aus diesen beiden Localitäten die Krystalle mit gewünschter Genauigkeit messen konnte:

	Durch Rechnung.	Durch Messung.
R : R in den Polkanten	$= 116° 36'$	$116° 35\frac{3}{4}'$
R : g	$= 127° 21\frac{1}{4}'$	$127° 22'$
R : d	$= 148° 18'$	
R : a	$= 121° 42'$	$121° 41'$
R : r	$= 144° 40\frac{3}{4}'$	
R : r in der Horizontal-Zone	$= 74° 42\frac{3}{4}'$	$74° 44\frac{1}{2}$
r : d	$= 163° 32'$	
r : g	$= 127° 21\frac{1}{4}'$	
d : g	$= 110° 53\frac{1}{2}'$	
p : p	$= 156° 44'$	$156° 45'$
p : d	$= 168° 22'$	
p : a in der Horiz.-Zone	$= 113° 47'$	
p : R	$= 159° 56'$	$159° 54\frac{3}{4}'$

p : r	= 159° 56′	
x : r	= 165° 10½′	165° 10¾′
x : R	= 152° 16¾′	
x : p	= 157° 42¾′	
x : a	= 134° 14¾′	
x : g	= 132° 10½′	
s : R	= 150° 3½′	150° 1′
s : a	= 151° 38¾′	151° 39¾′
s : p .... über R	= 129° 59¼′	129° 58¼′
o : R	= 160° 41¾′	
o : x	= 171° 35′	171° 45′
o : p	= 162° 23½′	
o : a	= 131° 23½′	
m : g	= 146° 46½′	146° 49′
m : r .... in der H.-Zone	= 160° 35′	160° 35½′
m : R .... in d. Diagonal-Zone v. R	= 133° 34¾′	
g : g	= 120° 0′	
a ; a	= 120° 0′	
a : g	= 150° 0′	

Bezeichnen wir jetzt im Allgemeinen:

In den dihexagonalen Pyramiden mPn.

Die normale Polkante durch X.
Die diagonale Polkante durch Y.
Die Mittelkanten durch Z.

In den hexagonalen Pyramiden erster Art mP.

Die Polkanten durch X.
Die Mittelkanten durch Z.
Den Neigungswinkel der Fläche zur Verticalaxe a durch i.
Den Neigungswinkel der Polkante zur Verticalaxe a durch r.

In den hexagonalen Pyramiden zweiter Art mP2.

Die Polkanten durch Y.
Die Mittelkanten durch Z.
Den Neigungswinkel der Fläche zur Verticalaxe a durch i.
Den Neigungswinkel der Polkante zur Verticalaxe a durch r.

In den sämmtlichen Rhomboëdern, d. h. in den Rhomboëdern erster, zweiter und dritter Art.

Die Polkanten durch X.
Die Mittelkanten durch Z.
Den Neigungswinkel der Fläche zur Verticalaxe a durch i.
Den Neigungswinkel der Polkante zur Verticalaxe a durch r.

Diese Bezeichnung beibehaltend, erhalten wir ferner durch Rechnung:

Für die hexagonale Pyramide der ersten Art Rr = P.

$\frac{1}{2}X = 72° 20' 21''$ $X = 144° 40' 42''$ $i = 52° 38' 40''$
$\frac{1}{2}Z = 37° 21' 20''$ $Z = 74° 42' 40''$ $r = 56° 31' 58''$

Für den Grundrhomboëder $R = +\frac{P}{4}$.

$\frac{1}{2}X = 58° 18' 0''$ $X = 116° 36' 0''$ $i = 52° 38' 40''$
$\frac{1}{2}Z = 31° 42' 0''$ $Z = 63° 24' 0''$ $r = 69° 6' 36''$

Für den Rhomboëder der ersten Art $d = -\frac{\frac{1}{2}P}{4}$.

$\frac{1}{2}X = 72° 0' 46''$ $X = 144° 1' 32''$ $i = 69° 6' 36''$
$\frac{1}{2}Z = 17° 59' 14''$ $Z = 35° 58' 28''$ $r = 79° 11' 45''$

Für den Rhomboëder der ersten Art $m = -\frac{2P}{4}$.

$\frac{1}{2}X = 43° 34' 38''$ $X = 87° 9' 16''$ $i = 33° 13' 33''$
$\frac{1}{2}Z = 46° 25' 22''$ $Z = 92° 50' 44''$ $r = 52° 38' 40''$

Für die hexagonale Pyramide der zweiten Art $p = \frac{2}{3}P2$.

$\frac{1}{2}Y = 78° 22' 2''$ $Y = 156° 44' 4''$ $i = 66° 13' 0''$
$\frac{1}{2}Z = 23° 47' 0''$ $Z = 47° 34' 0''$ $r = 69° 6' 37''$

Für den Rhomboëder der zweiten Art $p = +\frac{\frac{2}{3}P2}{4}$.

$\frac{1}{2}X = 69° 33' 31''$ $X = 139° 7' 2''$ $i = 66° 13' 0''$
$\frac{1}{2}Z = 20° 26' 29''$ $Z = 40° 52' 58''$ $r = 77° 34' 24''$

Für die hexagonale Pyramide der zweiten Art $o = \frac{4}{3}P2$.

$\frac{1}{2}Y = 70° 41' 38''$ $Y = 141° 23' 17''$ $i = 48° 36' 23''$
$\frac{1}{2}Z = 41° 23' 37''$ $Z = 82° 47' 14''$ $r = 52° 38' 40''$

Für den Rhomboëder der zweiten Art $o = +\frac{\frac{4}{3}P2}{4}$.

$\frac{1}{2}X = 55° 3' 55''$ $X = 110° 7' 51''$ $i = 48° 36' 23''$
$\frac{1}{2}Z = 34° 56' 4''$ $Z = 69° 52' 9''$ $r = 66° 12' 59''$

Für die dihexagonale Pyramide $x = \frac{3}{2}P\frac{3}{2}$.

$\frac{1}{2}X = 82° 16' 59''$	$X\ 164° 33' 58''$
$\frac{1}{2}Y = 76° 33' 3''$	$Y\ 153° 6' 7''$
$\frac{1}{2}Z = 45° 16' 45''$	$Z\ 90° 33' 30''$

Für den Rhomboëder der dritten Art $x = + \frac{r}{l}\frac{\frac{3}{2}P\frac{3}{2}}{4}$.

$\frac{1}{2}X = 52° 1' 21''$	$X = 104° 2' 42''$	$i = 44° 43' 15''$
$\frac{1}{2}Z = 37° 58' 39''$	$Z = 75° 56' 18''$	$r = 63° 12' 39''$

Für die dihexagonale Pyramide $s = 3P\frac{3}{2}$.

$\frac{1}{2}X = 80° 14' 58''$	$X = 160° 29' 56''$
$\frac{1}{2}Y = 72° 56' 31''$	$Y = 145° 53' 3''$
$\frac{1}{2}Z = 63° 39' 27''$	$Z = 127° 18' 55''$

Für den Rhomboëder der dritten Art $s = -\frac{r}{l}\frac{3P\frac{3}{2}}{4}$.

$\frac{1}{2}X = 39° 5' 44''$	$X = 78° 11' 28''$	$i = 26° 20' 33''$
$\frac{1}{2}Z = 50° 54' 16''$	$Z = 101° 48' 32''$	$r = 44° 43' 15''$

Resultate der Krystallmessungen des Phenakits.

Die Phenakitkrystalle aus den Smaragdgruben sind gewöhnlich zu gross und ihre Flächen reflectiren nicht hinreichend genug, um genaue Messungen an denselben vollziehen zu können. Ich konnte bloss zwei Krystalle aus dieser Localität messen, und zwar nur annäherungsweise. Ich habe nämlich gemessen: die Neigung der Fläche des Grundrhomboëders R zur anliegenden Fläche des hexagonalen Prismas zweiter Art a. Auf diese Weise erhielt ich an einem Krystalle den Winkel = ungefähr 121° 36′ bis 40′ und an einem anderen = ungefähr 121° 44′. Da aber diese Messungen bloss annäherungsweise vollzogen sind, so kann man auf dieselben keinen allzugrossen Werth legen.

Alle übrigen Messungen wurden von mir an kleinen Phenakitkrystallen aus dem Ilmengebirge angestellt, und zwar nach der früheren Methode, d. h. mit Hülfe des Mitscherlich'schen Goniometers, welches aber bloss mit einem Fernrohre versehen war. Diese gemessenen Krystalle aus dem Ilmengebirge werde ich durch № 1, 2, 3 u. s. w. bezeichnen. Obgleich man alle diese Messungen nicht als ganz genau annehmen kann, so sind sie doch genau genug um einen vollständigen Begriff über die wahre Grösse der Winkel des Phenakits aus dem Ilmengebirge zu geben. Folgendes sind die erhaltenen Resultate:

Für x : r.

Am Krystall № 1 = ... 165° 11′ 0″
165° 11′ 3″
Mittel = ... 165° 11′ 1″ (1)

Am Krystall № 4 =.....165° 11′ 0″ (2)
Am Krystall № 8 =.....165° 10′ 30″ (3)

Die an den Krystallen № 1 und № 4 vollzogenen Messungen kann man als sehr genau betrachten, denn die Flächen x und r waren so eben und glänzend wie ein Spiegel und reflectirten daher das Bild vollkommen scharf und deutlich. Obgleich die Reflexion bei dem Krystall № 8 ziemlich deutlich war, so erschien das Bild doch an den Kanten wie in Nebel gehüllt. Daher bin ich der Meinung die Messungen (1) und (2) in Rücksicht zu nehmen. Jedenfalls beträgt der mittlere Werth aus (1), (2) und (3):

165° 10′ 50″

Aus dem oben angegebenen Axenverhältniss berechnet sich dieser Winkel = 165° 10′ 24″.

Für R : g.

Am Krystall № 2 =.....**127° 22 ′0″** (4)

Die Reflection war hier ebenfalls ziemlich gut, woher man diese Messung auch als ziemlich genau betrachten kann[1]). Durch Rechnung beträgt dieser Winkel = 127° 21′ 20″.

Für R : R (in den Polkanten).

Am Krystall № 2 =.....**116° 35′ 40″** (5)

Diese Messung ist auch sehr genügend, indem die Reflection sehr deutlich war[2]). Durch Rechnung ist dieser Winkel = 116° 36′ 0″.

Für $p_2 : R_1$

(d. h. die Neigung der Fläche p_2 nicht zur anliegenden Fläche R, sondern zur nachfolgenden R, die von der Fläche p_2 durch die Fläche p_1 getrennt ist).

Am Krystall № 2 =.....136° 39′ 15″ (6)
Am Krystall № 3 =.....136° 40′ 15″
136° 40′ 40″
Mittel...136° 40′ 27″ (7)
Am Krystall № 8 =.....136° 41′ 30″ (8)

Die Messungen am Krystall № 3 können als sehr scharf betrachtet werden, was aber die Krystalle № 2 und № 8 anbelangt, so reflectiren in diesen die Flächen p und R bei

1) Am Krystall № 8 habe ich durch Messung gefunden R : g = 127° 24′ 0″, da aber das zu reflectirende Bild bei weitem nicht so deutlich war, wie im Krystall № 2, so habe ich diese Messung oben nicht angeführt.

2) Im Allgemeinen giebt es sehr wenig Krystalle, wo man diese Neigung mit gehöriger Schärfe messen kann, denn die Flächen R sind gewöhnlich ein wenig drusenartig und daher geben sie oft ein doppeltes Bild, auch scheint es, dass dieselben an mehreren Krystallen einer Verschiebung unterworfen sind. Unter anderen fand ich an einem Krystalle die Neigung der Flächen des Grundrhomboëders R in den Mittelkanten, wenn auch nicht ganz scharf, so doch ziemlich gut = 63° 26′ 43″ (Complement = 116° 33′ 17″).

Weitem nicht so deutlich als im Krystall № 3. Jedenfalls beträgt der mittlere Werth aus (6), (7) und (8):

136° 40′ 24″

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 136° 40′ 2″.

Diess sind Messungen, die den Vorzug verdienen. Jetzt werde ich meine übrigen Messungen geben, die obgleich nicht so scharf, wie die oben Angeführten, doch zu gut sind, um sie mit Stillschweigen zu übergehen. Gewöhnlich war bei diesen letzteren das zu reflectirende Bild nicht ganz scharf, sondern an den Kanten wie in Nebel gehüllt, oder an denselben etwas verdoppelt. Jedenfalls werden hier bloss solche Messungen angeführt, wo die Verdoppelung nur im geringsten Grad erschien, während die übrigen (d. h. solche, wo die Verdoppelung sich in höherem Grade zeigte) verworfen wurden. Diese letzten Messungen sind folgende:

Für x : o.

Am Krystall № 1 = **171° 35′ 0″** (9)

Durch Rechnung beträgt dieser Winkel = 171° 35′ 5″.

Für p : R

(d. h. die Neigung der Fläche p zur anliegenden Fläche R):

Am Krystall № 2. An der einen Seite.. = 159° 56′ 17″
An der anderen Seite = 159° 54′ 30″

Mittel... = 159° 55′ 23″ (10)

Am Krystall № 3..... = 159° 55′ 0″ (11)

Am Krystall № 8..... = 159° 54′ 0″ (12)

Der mittlere Werth ans den Messungen (10), (11) und (12) beträgt:

159° 54′ 48″

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 159° 55′ 58″.

Für p : p

Am Krystall № 2 = **156° 45′ 0″** (13) [1]

Dieser Winkel beträgt durch Rechnung = 156° 44′ 4″.

---

1) Gewöhnlich lässt sich diese Neigung nicht leicht messen, denn die Flächen p reflectiren meistens nicht scharf genug; auch scheint es, dass in einigen Krystallen dieselben einer Verschiebung unterworfen sind. Am Krystall № 1 erhielt ich z. B. für p : p = 157° 5′ 30″, obgleich die Reflexion ziemlich gut war, am Krystall № 3 fand ich dieselbe Neigung = 156° 46′ 0″ und am Krystall № 8 = 156° 48′ 30″. Da aber am Krystall № 1 wahrscheinlich eine von den gemessenen Flächen p sich nicht auf ihrer Normalstellung befindet und da an den Krystallen № 3 u. № 8 die Flächen p das Bild ziemlich schwach reflectiren, so habe ich auf alle diese Messungen keine weitere Rücksicht genommen.

Für R : a

Am Krystall № 2 = **121° 41′ 0″** (14)

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 121° 42′ 0″.

Für p : s (über R)

Am Krystall № 2 = **129° 58′ 10″** (15)

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 129° 59′ 20″.

Für p : a

(in der Polkantenzone des Grundrhomboëders, nämlich das Complement des halben Polkantenwinkels der hexagonalen Pyramide p = $\frac{2}{3}$P2 zu 180°):

Am Krystall № 2 = **101° 37′ 23″** (16)

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 101° 37′ 58″.

Für R : s

Am Krystall № 2 = **150° 1′ 0″** (17)

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 150° 3′ 22″.

Für s : a

Am Krystall № 2 = **151° 39′ 45″** (18)

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 151° 38′ 38″.

Für r : m

Am Krystall № 8 = **160° 35′ 30″** (19)

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 160° 34′ 53″.

Für m : g

Am Krystall № 8 = **146° 49′ 0″** (20)

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 146° 46′ 27″.

Für r : R

(in der Horizontalzone, d. h. die Neigung der hexagonalen Pyramide Rr = P in den Mittelkanten):

Am Ksystall № 8 = **74° 44′ 30″** (21)

Durch Rechnung ist dieser Winkel = 74° 42′ 40″.

Specifisches Gewicht des Phenakits.

Das specifische Gewicht des russischen Phenakits ist zuerst von N. v. Nordenskiöld bestimmt, der für den Phenakit aus den Smaragdgruben (Katharinenburg) = 2,969 gefunden hat. Später hat A. Breithaupt für dasselbe Mineral = 3,001 gefunden[1]). Ich habe auch von meiner Seite neuerdings einige Bestimmungen angestellt, die mir folgende Resultate gegeben haben:

a) Ein vollkommen durchsichtiger, farbloser Krystall aus den Smaragdgruben (Katharinenburg), welcher 9,123 Gram. wog.

Spec. Gew. = 2,966 (Mittel aus zwei Wägungen).

b) Ein kleines, geschliffenes, wasserhelles Stück von Phenakit aus den Smaragdgruben (Katharinenburg), welches 0,801 Gram. wog.

Spec. Gew. = 2,996.

Der mittlere Werth aus (a) und (b) beträgt also:

2,981[2])

und der mittlere Werth aus N. v. Nordenskiöld's, A. Breithaupt's und meinen Bestimmungen:

2,984.

Besondere Bemerkungen über die Winkel der Phenakitkrystalle.

In diesem Theile unserer Abhandlung wollen wir näher in Augenschein nehmen, welches Axenverhältniss das Geeignetste für die Phenakitkrystalle ist? Um diese wichtige Frage zu entscheiden, wenden wir uns zuerst zu den Messungen, die in verschiedenen Perioden an Phenakitkrystallen ausgeführt wurden.

Die ersten Messungen der Phenakitkrystalle aus den Smaragdgruben bei Katharinenburg (welche auch die einzigen waren bis zur Zeit der Entdeckung des Phenakits in Frammont) verdanken wir N. v. Nordenskiöld. Obgleich dieser Gelehrte in seiner Abhandlung[3]) für die Neigung der Flächen des Grundrhomboëders in den Polkanten 115° 25′ giebt, so ist es doch klar, dass man heut zu Tage diesen Winkel nicht in Rücksicht nehmen kann, denn, wie N. v.

1) A. Breithaupt, Vollständiges Handbuch der Mineralogie. Dresden und Leipzig 1847. Dritter Band, S. 693.

2) Für einen grossen, farblosen, aber sehr rissigen Krystall aus den Smaragdgruben von Katharinenburg (welcher 49,285 Gram. wog) erhielt ich 2,946; für einen ziemlich grossen, vollkommen durchsichtigen Krystall, auch aus den Smaragdgruben von Katharinenburg (welcher 6,073 Gram. wog), erhielt ich 2,960, und für einen kleinen, sehr rissigen und nur durchscheinenden Krystall aus dem Ilmengebirge (welcher 1,176 Gram. wog) 2,899. Da aber der erste Krystall nicht durchsichtig, der zweite, obgleich vollkommen durchsichtig, doch von Glimmerschiefer nicht ganz befreit, und der letzte bloss durchscheinend und sehr klein war, so glaube ich, dass man diese Resultate nicht weiter in Rücksicht nehmen kann.

3) Poggendorff's Annalen, 1834, Bd. XXXI. S. 58.

Nordenskiöld selbst erwähnt, gründet sich diese Bestimmung auf Messungen, wo die Sicherheit nicht weiter als $\frac{1}{2}$ Grad geht. Jetzt, wo wir schon mehrere Messungen der Phenakitkrystalle besitzen, geht es deutlich hervor, dass der Winkel 115° 25′ an Exemplaren erhalten wurde, die sehr wenig geeignet waren zu guten Messungen. Dasselbe ergiebt sich auch aus einer Messung, die in derselben Zeit von N. v. Nordenskiöld selbst angestellt wurde, denn unter anderen erwähnt er Folgendes:

«Durch Zerschlagen eines grösreren Krystalls gelang es einige Stücke zu erhalten u. s. w.

«Ein Stück mit ausgezeichnet klaren Flächen gab 148° 15 mit keinem grösseren Fehler «als 4 Minuten; wenn diess die Neigung zwischen den Flächen P (R = + $\frac{P}{4}$, nach unserer «Bezeichnung) und b (d = − $\frac{1}{4}$P, nach unserer Bezeichnung) wäre, so würde die von P gegen «P (d. h. die Neigung in den Polkanten des Grundrhomboëders) = 116° 30′ seyn. Da ich in- «dess die Lage der genannten Flächen auf keine Weise ermitteln konnte, so wage ich nicht sie «zu diesem Verhältniss anzuwenden[1]).»

Nun kommen die beiden letzten, von N. v. Nordenskiöld gegebenen Winkel sehr nahe denen, die aus E. Beyrich's, Gustav Rose's und meinen ziemlich genauen Messungen erhalten wurden.

Aus allem dem oben Angeführten ist es klar, dass wir jetzt kurz annehmen müssen, dass N. v. Nordenskiöld für die Neigung der Fläche des Grundrhomboëders R zu der Fläche des ersten stumpferen Rhomboëdes d, in den Phenakitkrystallen aus den Smaragdgruben von Katharinenburg, durch unmittelbare Messung = 148° 15′ gefunden hat, folglich ist, nach seiner Messung, die Neigung der Flächen des Grundrhomboëders R in den Polkanten = 116° 30′ und nicht 115° 25′.

Nach N. v. Nordenskiöld war E. Beyrich[2]) der Erste, der die Phenakitkrystalle, und zwar die aus Frammont, gemessen hat. Dieser letztgenannte Gelehrte hat nämlich die Neigung der Fläche des Grundrhomboëders R zur anliegenden Fläche des hexagonalen Prisma's zweiter Art a gemessen, und den Winkel = 121° 40′ gefunden.

Noch später hat mein hochverehrter Lehrer Gustav Rose[3]) denselben Krystall aus Frammont gemessen, den E. Beyrich zur Fundamentalbestimmung des Phenakits benutzte, und für R : a = 121° 42′ (statt 121° 40′) gefunden.

Endlich habe ich mehrere Messungen an Krystallen aus dem Ilmengebirge angestellt, deren Resultate oben ausführlich gegeben sind.

Wenn man nun alle diese Messungen vergleicht, so geht daraus hervor, dass die Winkel der Phenakitkrystalle aus dem Ilmengebirge mit denen aus Frammont völlig übereinstimmen, was auch schon Gustav Rose erwähnt hat. Die Winkel der Phenakitkrystalle aus den Smaragd-

1) Poggendorff's Annalen, 1834, Bd. XXXI. S. 58. Hier ist zu bemerken, dass in der Abhandlung des N. v. Nordenskiöld's sich ein Druckfehler eingeschlichen hat, denn statt 116° 30′ ist 116° 10′ gedruckt worden.

2) Poggendorff's Annalen, 1835, Bd. XXXIV, S. 519 und 1837, Bd. XLI, S. 323.

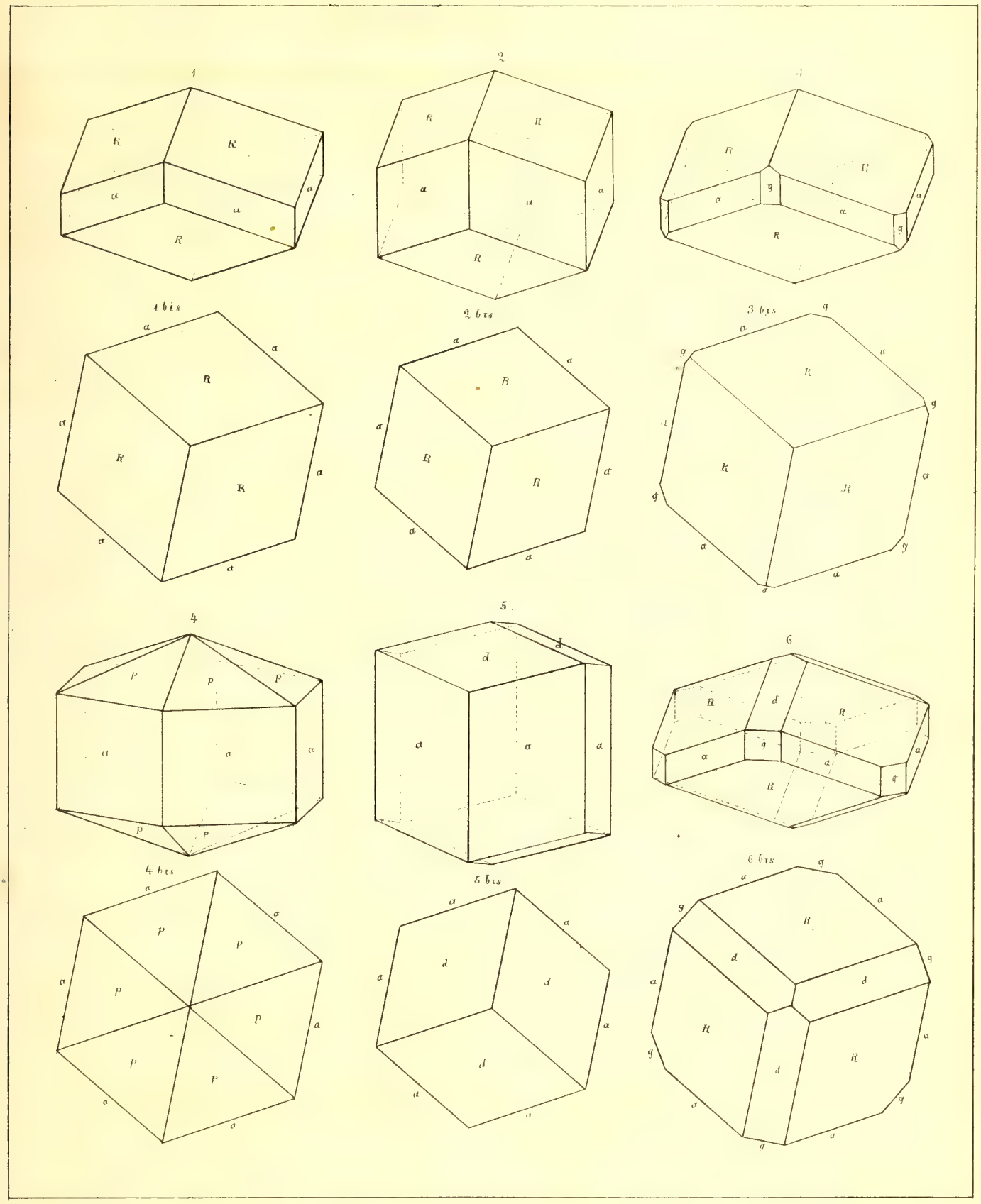
3) Poggendorff's Annalen, 1846, Bd. LXIX, S. 150.

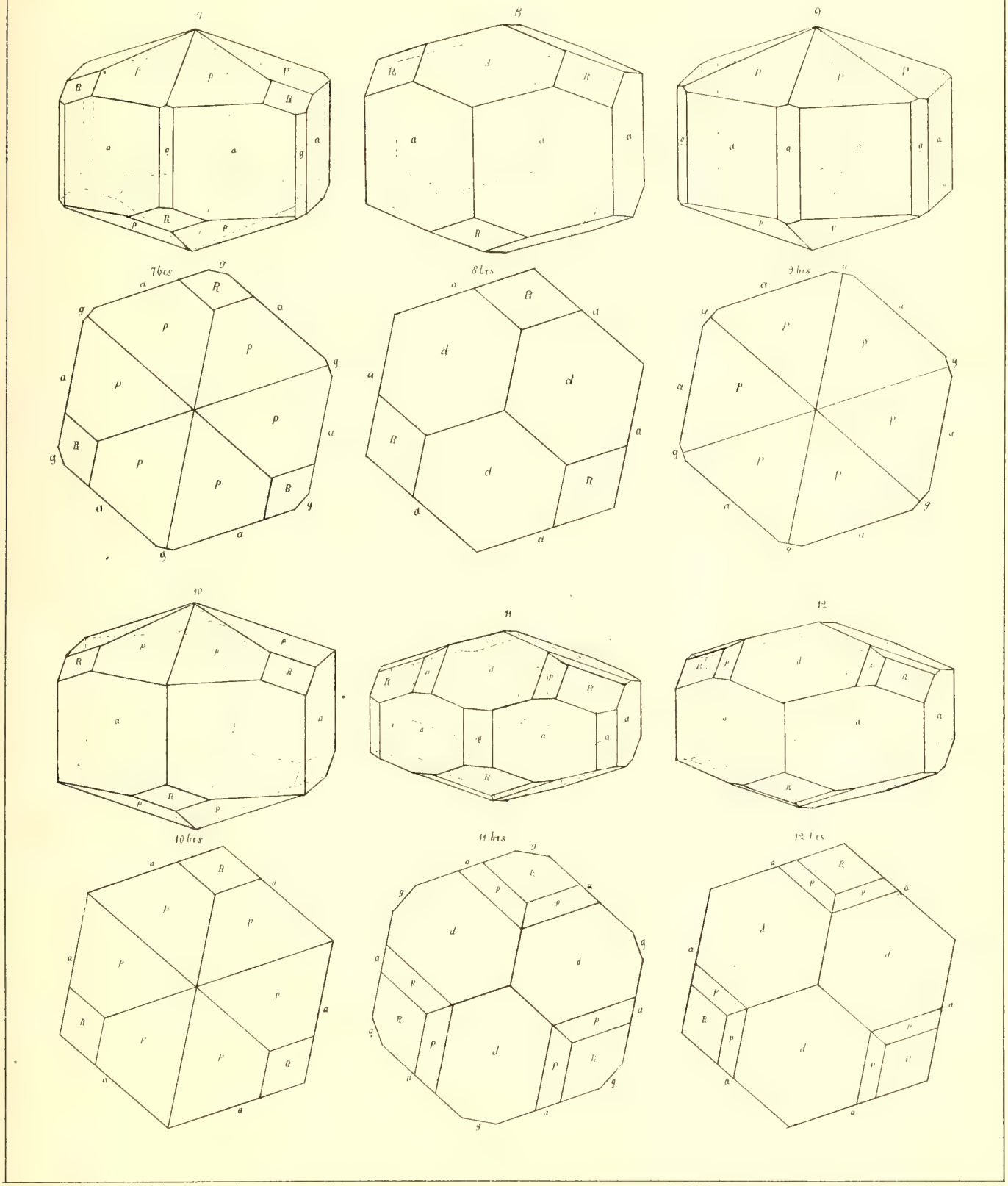
gruben von Katharinenburg unterscheiden sich wahrscheinlich auch gar nicht von denen aus den beiden erstgenannten Localitäten. Die anscheinend geringe Verschiedenheit derselben in den Krystallen aus den Smaragdgruben muss man wahrscheinlich dem Umstande zuschreiben, dass diese Krystalle bis jetzt noch nicht mit gehöriger Schärfe gemessen werden konnten.

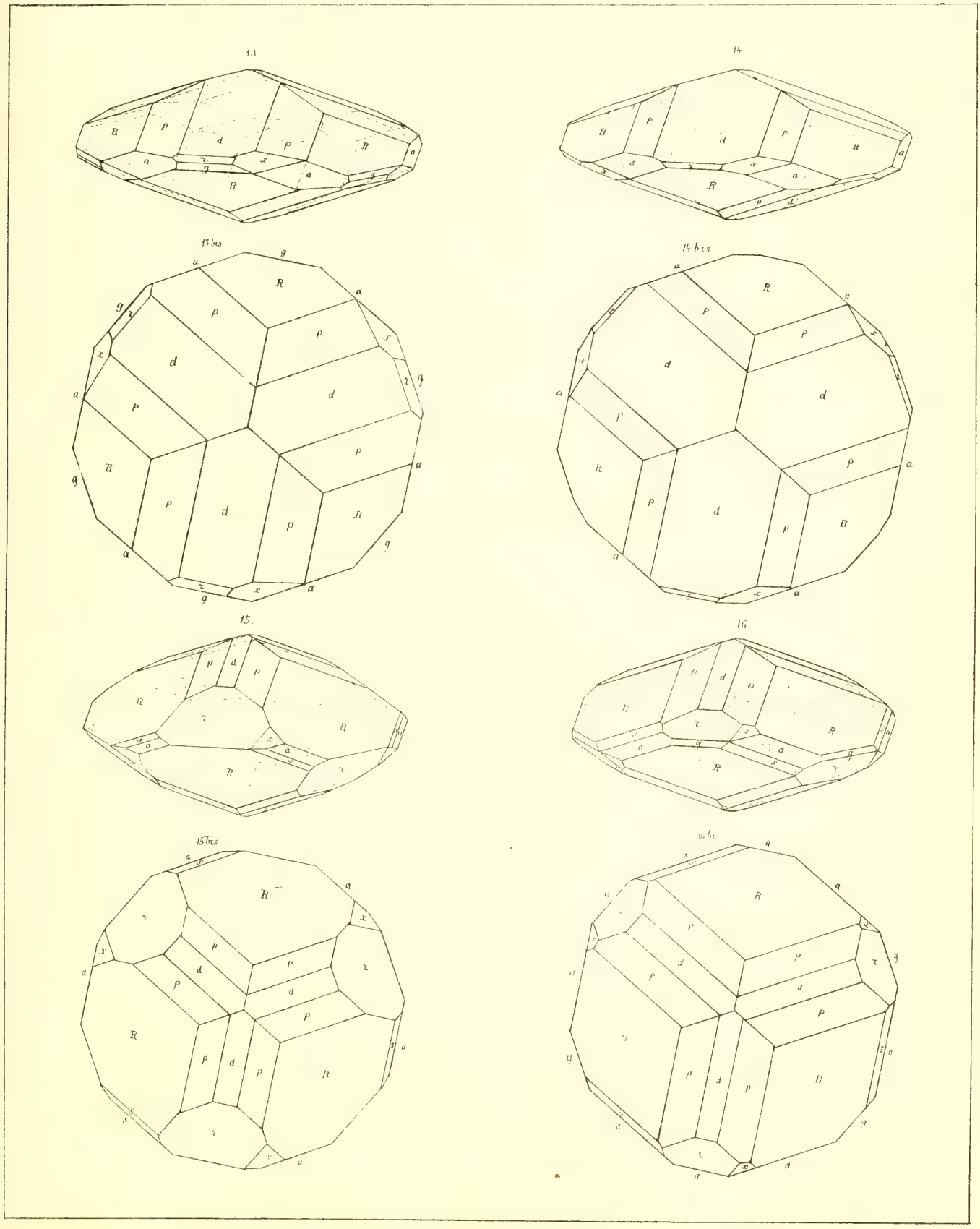
Was jetzt die Grösse der Winkel der Phenakitkrystalle anbelangt, so habe ich aus einem Vergleich von einer ziemlich grossen Anzahl von berechneten und unmittelbar gemessenen Winkel gefunden, dass das Axenverhältniss a : b : b : b = 0,661065 : 1 : 1 : 1 (berechnet aus der Neigung R : a, die nach Gustav Rose's und meinen eigenen Messungen 121° 42′ 0″ beträgt) die befriedigendsten Resultate giebt. Zur deutlicheren Auffassung halte ich es nicht für überflüssig hier eine vergleichende Tabelle beizufügen, in welcher die Winkel gegeben werden, die aus N. v. Nordenskiöld's, Beyrich's und Gustav Rose's (übereinstimmen mit den meinigen) Daten berechnet wurden, so wie auch die Winkel, die ich durch unmittelbare Messungen erhalten habe.

Die Neigungen.	*Berechnete* Winkel, nach N. v. Nordenskiöld's Messungen aus: R : d = 148° 15′ 0″	*Berechnete* Winkel, nach E. Beyrich's Messungen, aus: R : a = 121° 40′ 0″	*Berechnete* Winkel, nach G. Rose's und meinen Messungen, aus: R : a = 121° 42′ 0″	*Gemessene* Winkel.
R : g	127° 25′	127° 18¾′	127° 21¼′	*127° 22′*
R : R in X	116 30	116 40	116 36	*116 53¾*
R : a	121 45	121 40	121 42	121 41
x : r	165 9½	165 11	165 10½	*165 10¾*
$p_1 : R_1$	159 54¼	159 57	159 56	159 54¾
$p_2 : R_1$	136 35¾	136 43	136 40	*136 40½*
x : o	171 34¾	171 35½	171 35	171 35
p : p	156 41½	156 45½	156 44	156 45
p : s über R, d. h. in der Polkantenzone des R.	129 58	130 ½	129 59¼	129 58¼
p : a über R. d. h. in der Polkantenzone des R.	101 39¼	101 37	101 38	101 37½
s : R	150 3½	150 3¼	150 3¼	150 1
s : a	151 41½	151 36¾	151 38¾	151 39¾
m : r in der Horizontalzone.	160 35	160 34¾	160 35	160 35½
m : g	146 50	146 44	146 46½	146 49
r : R in der Horizontalzone.	74 50	74 37¾	74 42¾	74 44½

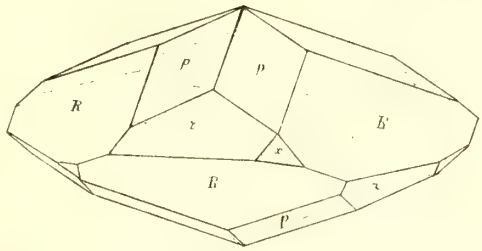
Anmerkung. Die mit cursiven Zahlen bezeichneten Messungen gehoren zu den besten.


1
R
R
a
a
a
R
2
R
R
a
a
a
R
3
R
R
a
g
a
a
g
R
1 bis
a
a
a
R
R
a
a
a
2 bis
a
a
R
a
R
R
a
a
3 bis
g
a
a
g
R
g
g
R
R
a
g
a
a
g
4
P
P
P
a
a
a
P
P
5
d
d
a
a
a
6
R
d
R
a
g
a
a
R
4 bis
a
a
P
P
a
P
P
a
P
P
a
a
5 bis
a
a
a
d
d
a
d
a
a
6 bis
g
a
a
g
R
a
d
g
a
R
d
R
g
g
a
a

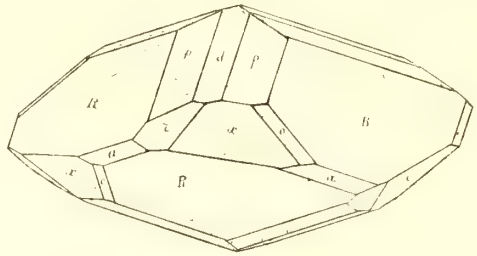

7
8
9
7bis
8bis
9bis
10
11
12
10bis
11bis
12bis


13
14
13 bis
14 bis
15.
16
15 bis
16 bis

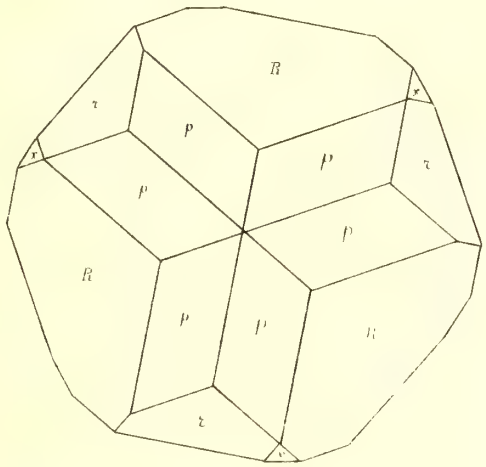
17



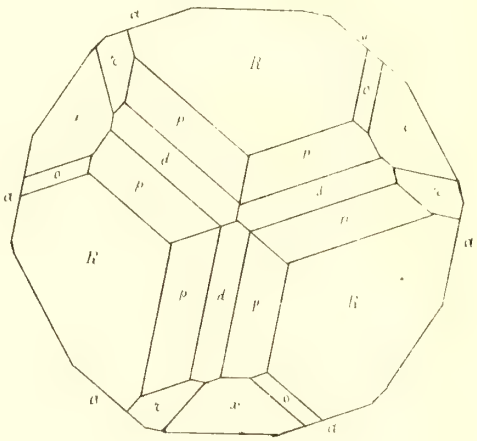
18



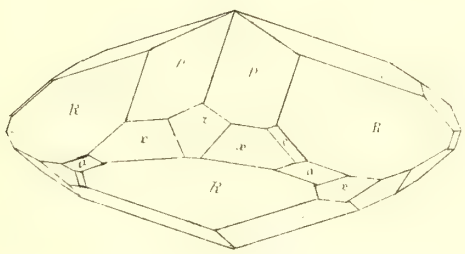
17 bis



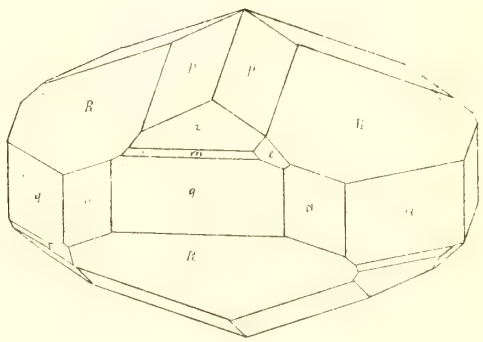
18 bis



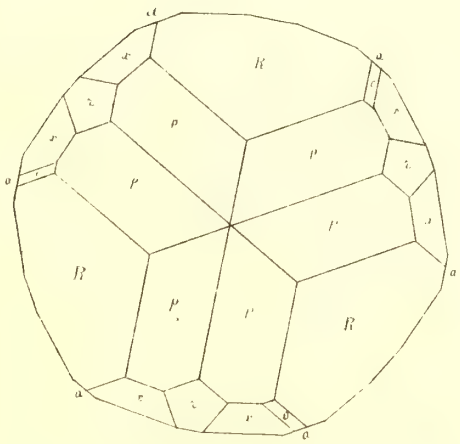
19



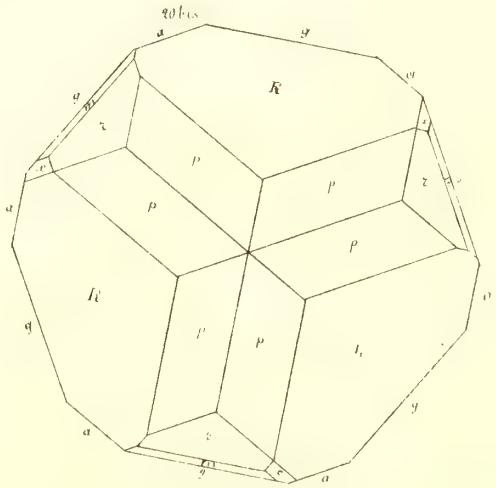
20



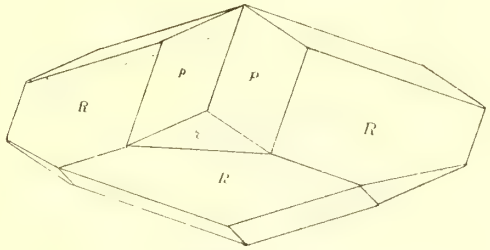
19 bis



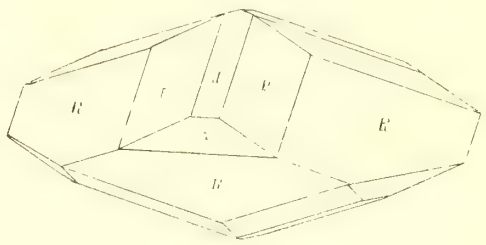
20 bis



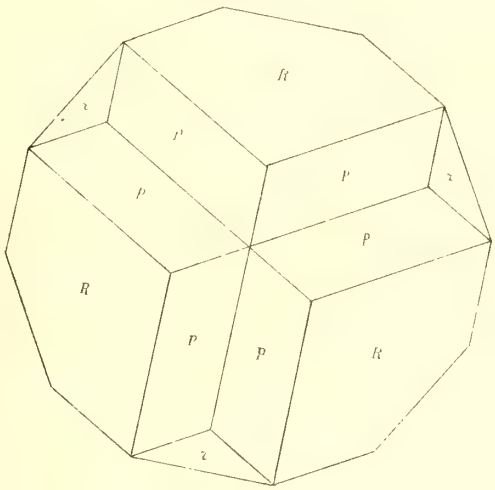
21



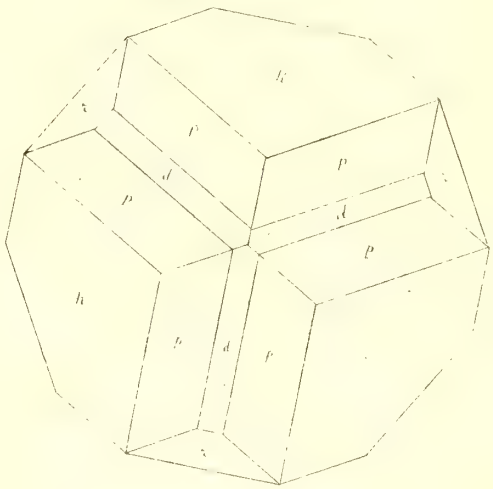
22



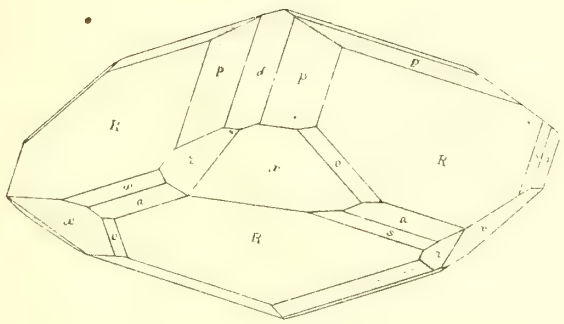
21 bis



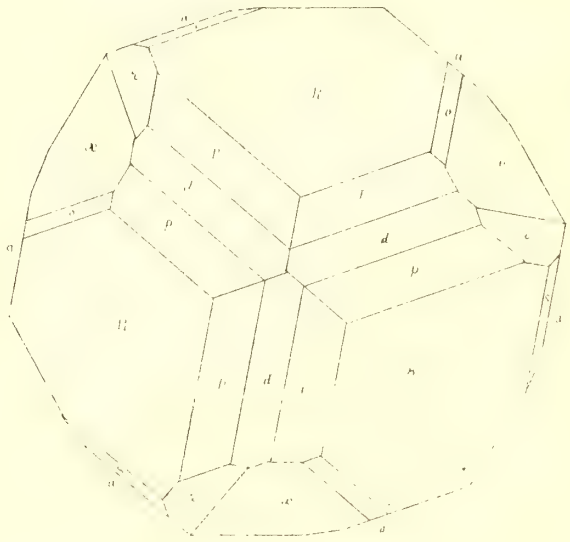
22 bis



23



23 bis



SUR

LES QUESTIONS DE MINIMA

QUI SE RATTACHENT

A LA REPRÉSENTATION APPROXIMATIVE DES FONCTIONS.

PAR

P. Tchébychev.

Lu le 23 octobre 1857.

I.

§ 1. Tant que la variable x reste dans le voisinage d'une même valeur, on parvient à représenter avec la plus grande approximation possible une fonction quelconque $f(x)$, sous une forme donnée, par les principes du calcul différentiel. Ainsi l'on trouve la représentation approximative de $f(x)$, dans le voisinage de $x = a$, sous la forme d'un polynôme de degré n, en s'arrêtant dans son développement d'après la série de Taylor

$$f(x) = f(a) + \frac{x-a}{1} f'(a) + \frac{(x-a)^2}{1.2} f''(a) + \ldots\ldots$$

au terme $\frac{(x-a)^n}{1.2.\ldots n} f^n(a)$. On obtient de même la valeur approchée de $f(x)$ sous la forme quelconque Z, en égalant à zéro la différence $f(x) - Z$ et ses premières dérivées pour $x = a$. — S'il ne s'agit que des valeurs de x qui avoisinent a, ces expressions de $f(x)$ la représentent avec la plus grande précision dont leur forme soit susceptible. Mais cela n'a plus lieu, si la variable x n'est assujettie qu'à rester dans des limites plus ou moins étendues. Dans ce cas les recherches des valeurs approximatives de $f(x)$ demandent des méthodes essentiellement différentes de celles dont nous venons de parler. Comme le degré de précision des valeurs approchées des fonctions se détermine par la limite de leurs erreurs, il est clair que l'on doit prendre pour la représentation de $f(x)$ celle des expressions qui, parmi toutes les autres de même forme, s'écarte le moins de $f(x)$ dans l'intervalle, où l'on cherche sa valeur approchée. Or les expressions approximatives des fonctions, qu'on trouve par les principes du calcul différentiel, ne satisfont jamais à cette condition; elles ne donnent la valeur de $f(x)$ avec la plus grande précision que dans le voisinage d'une même valeur de x, ou, ce qui revient au même, dans un intervalle infiniment resserré. Par conséquent, lorsque x varie entre les limites plus ou moins étendues, comme cela a lieu dans la pratique, on est obligé de modifier plus ou moins les expressions approximatives de $f(x)$ qu'on trouve d'après les méthodes ordinaires.

§ 2. Dans notre Mémoire intitulé: *Théorie des mécanismes connus sous le nom de parallélogrammes* (Mémoires des savants étrangers. Tom. VII.) nous avons traité le cas, où l'on cherche

l'expression approximative des fonctions sous la forme d'un polynôme et nous avons donné la solution de ce problème:

Trouver les modificaitions qu'on doit apporter dans la valeur approchée de $f(x)$, donnée par son développement suivant les puissances croissantes de $x - a$, quand on cherche à rendre minimum la limite de ses erreurs entre $x = a - h$ et $x = a + h$, h étant une valeur assez petite.

La solution de ce problème procure facilement les éléments des *paralléllogrammes* qui remplissent les conditions les plus avantageuses pour la précision du jeu de ce mécanisme. Mais en cherchant à resoudre les autres questions de cette espèce, nous sommes parvenu à reconnaître combien il est important d'avoir une méthode générale pour la solution des problèmes analogues à celui que nous indiquons ici, et consistant à déterminer les expressions qui, parmi toutes les autres de même forme, entre deux limites données, s'écartent le moins d'une fonction quelconque $f(x)$.

C'est de la solution de pareils problèmes que nous allons maintenant nous occuper.

§ 3. Nous commencerons par exposer un théorème général relativement à la solution de ces problèmes, qu'on peut énoncer de la manière suivante:

Etant donnée une fonction quelconque $F(x)$ avec n paramètres arbitraires $p_1, p_2, \ldots p_n$, il s'agit par un choix convenable des valeurs $p_1, p_2, \ldots p_n$ de rendre minimum la limite de ses écarts de zéro entre $x = -h$ et $x = +h$.

Passant aux applications de ce théorème, nous montrerons comment il sert à obtenir les équations qui fournissent la solution du problème, où l'on se propose de représenter des fonctions sous la forme d'un polynôme ou d'une fraction rationnelle. — En définitive, nous montrerons le parti qu'on peut tirer de la résolution de ces équations dans certains cas particuliers, résolution que l'on effectue à l'aide des méthodes analogues à celles dont on se sert dans *l'Analyse de Diophante*, et qui donne naissance à plusieurs théorèmes algébriques d'un genre tout-à-fait nouveau.

§ 4. Remarquons encore que les cas particuliers qui seront traités ici sont très importants pour la solution de ce problème général:

Etant donnée la valeur approchée de $f(x)$, déduite des méthodes ordinaires, soit sous la forme d'un polynôme, soit sous la forme d'une fraction, trouver les changements qu'il faut faire subir aux coefficients, quand on cherche à rendre minimum la limite de ses erreurs entre $x = a - h$ et $x = a + h$, h étant une valeur assez petite.

Mais nous ne nous arrêterons pas cette fois à ce problème, résolu en partie dans le Mémoire cité plus haut, et dont la solution fera l'objet d'un autre Mémoire.

II.

§ 5. La fonction quelconque $F(x)$, entre les limites $x = -h$ et $x = +h$, ne s'écartera de zéro pas plus que d'une certaine quantité L, si toutes ses valeurs depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$ sont comprises entre $-L$ et $+L$, et que parmi elles il y en ait au moins une égale à $+L$ ou $-L$. — Supposons que cette valeur de $F(x)$ réponde à $x = x_1$. Comme $F(x)$, pour toutes les valeurs de x, comprises entre $x = -h$, $x = +h$, ne doit pas surpasser $+L$, ni devenir inférieure à $-L$, il est clair que la valeur $x = x_1$ qui réduit $F(x)$ à $\pm L$, doit être ou l'une des valeurs de x, pour lesquelles la fonction $F(x)$ devient soit *maximum* soit *minimum*, ou l'une des valeurs limites de x, c.-à-d. $x = +h$, $x = -h$. D'après cela, et en faisant abstraction du cas où la dérivée $F'(x)$ pour $x = x_1$ devient infinie, nous concluons que x_1 doit vérifier l'une de ces équations

$$(x-h)(x+h) = 0, \qquad F'(x) = 0,$$

et par conséquent celle-ci

$$(x-h)(x+h)F'(x) = 0,$$

ou

$$(x^2-h^2)F'(x) = 0$$

La même chose aura lieu pour toutes les valeurs de x qui, entre les limites $x = -h$, $x = +h$, réduisent $F(x)$ soit à $+L$, soit à $-L$, ou, ce qui revient au même, qui vérifient l'equation

$$F^2(x) = L^2.$$

D'après cela, en désignant par

$$x_1,\ x_2, \ldots\ldots\ldots x_\mu$$

les valeurs de x dont nous venons de parler, nous concluons que les équations

$$(1) \ldots\ldots\ldots F^2(x) = L^2; \quad (x^2-h^2)F'(x) = 0$$

auront μ solutions communes

$$x = x_1,\ x_2,\ \ldots\ldots x_\mu,$$

où $x_1, x_2, \ldots\ldots x_\mu$ sont des valeurs réelles, différentes entre elles et comprises entre $x = -h$ et $x = +h$.

C'est en ayant égard à ces solutions communes des équations (1) que nous chercherons à déterminer les valeurs des paramètres $p_1, p_2, \ldots\ldots p_n$ de la fonction $F(x)$, pour lesquelles la quantité L, qui désigne, comme nous l'avons vu, la limite des écarts de $F(x)$ de 0 entre $x = -h$ et $x = +h$, devient la plus petite possible.

§ 6. Pour simplifier ces recherches nous laissons de côté le cas, où $F(x)$ et ses dérivées par rapport à x, p_1, p_2, $\ldots p_n$ cessent d'être finies et continues entre $x = -h$ et $x = +h$, et dans cette hypothèse nous allons établir le théorème suivant:

Théorème I.

La quantité L qui désigne de combien la fonction $F(x)$ s'écarte de zéro entre $x = -h$ et $x = +h$, n'est pas réduite à sa plus petite valeur, si le système des équations

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{l} \frac{dF(x_1)}{dp_1}\lambda_1 + \frac{dF(x_2)}{dp_2}\lambda_2 + \ldots\ldots\ldots + \frac{dF(x_\mu)}{dp_1}\lambda_\mu = 0, \\ \frac{dF(x_1)}{dp_2}\lambda_1 + \frac{dF(x_2)}{dp_2}\lambda_2 + \ldots\ldots\ldots + \frac{dF(x_\mu)}{dp_2}\lambda_\mu = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \frac{dF(x_1)}{dp_n}\lambda_1 + \frac{dF(x_2)}{dp_n}\lambda_2 + \ldots\ldots\ldots + \frac{dF(x_\mu)}{dp_n}\lambda_\mu = 0 \end{array}\right.$$

n'a pas d'autres solutions que

$$\lambda_1 = 0,\ \lambda_2 = 0, \ldots\ldots \lambda_\mu = 0;$$

x_1, x_2, $\ldots\ldots x_\mu$ sont des valeurs de x, pour lesquelles la fonction $F(x)$, entre $x = -h$ et $x = +h$, atteint ses valeurs limites $+L$ et $-L$; p_1, p_2, $\ldots\ldots p_n$ désignent les paramètres arbitraires de $F(x)$.

Démonstration.

Ce théorème découle évidemment des deux propositions suivantes que nous établirons d'abord:

1) Si les équations (2) ne sont possibles qu'autant que $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 0$, $\ldots\ldots \lambda_\mu = 0$, on trouvera des valeurs finies N_1, N_2, $\ldots\ldots N_n$ satisfaisant aux μ équations

$$(3)\quad \left\{\begin{array}{l} \frac{dF(x_1)}{dp_1}N_1 + \frac{dF(x_1)}{dp_2}N_2 + \ldots\ldots\ldots + \frac{dF(x_1)}{dp_n}N_n = F(x_1), \\ \frac{dF(x_2)}{dp_1}N_1 + \frac{dF(x_2)}{dp_2}N_2 + \ldots\ldots\ldots + \frac{dF(x_2)}{dp_n}N_n = F(x_2), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \frac{dF(x_\mu)}{dp_1}N_1 + \frac{dF(x_\mu)}{dp_2}N_2 \ldots\ldots\ldots + \frac{dF(x_\mu)}{dp_n}N_n = F(x_n). \end{array}\right.$$

2) Au moyen des valeurs finies N_1, N_2, $\ldots N_n$ qui vérifient les équations (3) on peut assigner un système de valeurs des paramètres p_1, p_2, $\ldots\ldots p_n$, avec lesquelles la fonction $F(x)$, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, n'atteint ni la limite $+L$, ni la limite $-L$, et par conséquent, reste comprise dans des limites plus étroites.

Démonstration de la première proposition.

§ 7. Quand il s'agit d'équations du premier degré, dont les coefficients et les termes connus ont des valeurs finies, on parvient toujours à leur résolution en quantités finies, si toutefois, en les résolvant par une des méthodes usitées, on ne tombe pas sur une équation, où toutes les inconnues disparaissent et le terme connu ne se réduit pas à zéro. Or, si cela se présentait dans la résolution des équations (3), on pourrait les combiner de manière à avoir

$$\left.\begin{aligned}
&\left[\frac{dF(x_1)}{dp_1}N_1 + \frac{dF(x_1)}{dp_2}N_2 + \ldots + \frac{dF(x_1)}{dp_n}N_n\right]\lambda_1 + \\
&\left[\frac{dF(x_2)}{dp_1}N_1 + \frac{dF(x_2)}{dp_2}N_2 + \ldots + \frac{dF(x_2)}{dp_n}N_n\right]\lambda_2 + \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\left[\frac{dF(x_\mu)}{dp_1}N_1 + \frac{dF(x_\mu)}{dp_2}N_2 + \ldots + \frac{dF(x_\mu)}{dp_n}N_n\right]\lambda_\mu
\end{aligned}\right\} = F(x_1)\lambda_1 + F(x_2)\lambda_2 + \ldots + F(x_\mu)\lambda_\mu,$$

où toutes les inconnues $N_1, N_2, \ldots N_n$ disparaissent et le terme

$$F(x_1)\lambda_1 + F(x_2)\lambda_2 + \ldots\ldots + F(x_\mu)\lambda_\mu$$

ne s'annule pas, ce qui suppose qu'on parviendrait à vérifier les équations

$$\begin{aligned}
&\frac{dF(x_1)}{dp_2}\lambda_1 + \frac{dF(x_2)}{dp_1}\lambda_2 + \ldots\ldots + \frac{dF(x_\mu)}{dp_1}\lambda_\mu = 0, \\
&\frac{dF(x_1)}{dp_2}\lambda_1 + \frac{dF(x_2)}{dp_2}\lambda_2 + \ldots\ldots + \frac{dF(x_\mu)}{dp_2}\lambda_\mu = 0, \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\frac{dF(x_1)}{dp_n}\lambda_1 + \frac{dF(x_2)}{dp_n}\lambda_2 + \ldots\ldots + \frac{dF(x_\mu)}{dp_n}\lambda_\mu = 0,
\end{aligned}$$

sans réduire l'expression

$$F(x_1)\lambda_1 + F(x_2)\lambda_2 + \ldots\ldots + F(x_\mu)\lambda_\mu$$

à zéro, et par conséquent, sans faire

$$\lambda_1 = 0,\ \lambda_2 = 0,\ \ldots\ldots \lambda_\mu = 0.$$

Donc, tant qu'on ne peut vérifier les équations (2) par des valeurs de $\lambda_1, \lambda_1, \ldots\ldots \lambda_\mu$, autres que $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 0, \ldots \lambda_n = 0$, on est certain de trouver des valeurs finies $N_1, N_2, \ldots N_n$ satisfaisant aux équations (3), ce qu'il s'agissait de prouver.

Démonstration de la seconde proposition.

§ 8. Soit ω une quantité positive, infiniment petite, $N_1, N_2, \ldots N_n$ des valeurs finies qui satisfont aux équations (3), $F_0(x)$ la valeur que prend la fonction $F(x)$ quand on change ses paramètres

$$p_1, p_2, \ldots\ldots p_n$$

en

$$p_1 - N_1\omega,\ p_2 - N_2\omega,\ \ldots\ldots p_n - N_n\omega.$$

Comme il ne s'agit que du cas, où la fonction $F(x)$ et ses dérivées par rapport à x, p_1, p_2, $\ldots\ldots p_n$ restent finies et continues pour toutes les valeurs de x, comprises entre $x = -h$ et $x = +h$ (les seules valeurs de x que nous aurons à considérer), la fonction $F_0(x)$, qu'on trouve en changeant dans l'expression de $F(x)$ les quantités

$$p_1,\ p_2,\ \ldots\ldots p_n$$

en

$$p_1 - N_1\omega,\ p_2 - N_2\omega,\ \ldots\ldots p_n - N_n\omega,$$

peut être représentée ainsi

$$(4)\quad \ldots\ldots F_0(x) = F(x) - \left[\frac{dF(x)}{dp_1}N_1 + \frac{dF(x)}{dp_2}N_2 + \ldots\ldots + \frac{dF(x)}{dp_n}N_n\right]\omega + R\omega^2,$$

où R est une fonction de ω et de x, qui ne devient pas infinie pour $\omega = 0$.

D'après cela il est aisé de montrer que, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, la valeur numérique de $F(x)$ reste au-dessous de L, en supposant bien entendu, que la quantité L n'est pas nulle, ou, ce qui revient au même, que la fonction $F(x)$, entre $x = -h$ et $x = +h$, n'est pas constamment égale à zéro.

Pour s'en assurer nous remarquerons que d'après la formule (4) et en vertu des équations (3), on trouve pour $x = x_1$

$$F_0(x_1) = F(x_1) - F(x_1)\omega + \omega^2 R = F(x_1)(1 - \omega) + \omega^2 R,$$

et comme $F(x_1)$ d'après (1) se réduit à $\pm L$, valeur différente de zéro, et que ω, par notre supposition, est une quantité positive, infiniment petite, la valeur numérique de cette expression de $F_0(x_1)$ est évidemment au-dessous de L.

La même chose a lieu, si l'on donne à x une valeur dont la différence avec x_1 ne surpasse pas une certaine limite finie. — En effet, d'après les équations (1) et (3), pour $x = x_1$, les expressions

$$F(x),$$

$$\frac{dF(x)}{dp_1}N_1 + \frac{dF(x)}{dp_2}N_2 + \ldots\ldots + \frac{dF(x)}{dp_n}N_n$$

ont la même valeur $\pm L$, autre que zéro, et en vertu de la continuité des fonctions qui composent ces expressions, elles ne peuvent varier brusquement. D'où il suit que dans le voisinage de $x = x_1$ ces expressions auront des valeurs différentes de zéro et de même signe. Mais tant que cela a lieu, l'équation (4), où ω est positif, infiniment petit, donne pour $F_0(x)$ une valeur numériquement au-dessous de $F(x)$, et par conséquent au dessous de L, qui est la limite des valeurs de $F(x)$ entre $x = -h$ et $x = +h$.

On reconnait semblablement que la valeur numérique de $F(x)$ reste inférieure à L, si x est dans le voisinage de ces valeurs

$$x_2,\ x_3,\ \ldots\ldots x_\mu.$$

Il reste à prouver que cela a lieu aussi pour toutes les autres valeurs de x, comprises entre $x = -h$ et $x = +h$. Or comme $x_1, x_2, \ldots x_\mu$ sont les seules valeurs de x pour lesquelles la fonction $F(x)$, entre $x = -h$ et $x = +h$, atteint ses valeurs limites $-L$ et $+L$, et que $F_0(x)$ ne diffère de $F(x)$ que par des termes infiniment petits, il est clair, que dans le cas, où x n'est pas dans le voisinage de $x_1, x_2, \ldots x_\mu$, les fonctions $F_0(x)$ et $F(x)$ ne peuvent s'approcher ensemble infiniment près de $-L$ et de $+L$, et par conséquent, les valeurs de $F_0(x)$ seront comprises dans des limites plus étroites.

Ainsi on parvient à reconnaître que, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, la fonction $F_0(x)$ qu'on trouve en changeant dans la fonction $F(x)$ les paramètres

$$p_1, p_2, \ldots p_n$$

en

$$p_1 - N_1\omega, p_2 - N_2\omega, \ldots p_n - N_n\omega,$$

ne peut atteindre ni la limite $+L$, ni la limite $-L$, ce qui prouve la proposition.

III.

§ 9. Le théorème que nous venons de donner nous servira pour trouver les équations qui déterminent les valeurs des paramètres $p_1, p_2, \ldots p_n$ avec lesquelles la fonction $F(x)$ s'écarte le moins de 0 entre $x = -h$ et $x = +h$. On trouverait facilement ces équations, si l'on connaissait d'avance le nombre μ, qui désigne combien de fois, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, la fonction $F(x)$, avec les paramètres cherchés, atteindra ses valeurs limites $-L$ et $+L$; et l'incertitude qui plane ordinairement sur la valeur de μ, produit la principale difficulté des présentes questions de *minima*. Nous allons montrer maintenant comment on peut toujours lever cette difficulté jusqu'à un certain point et même complétement dans plusieurs cas spéciaux.

Relativement au nombre μ il y a deux hypothèses à faire: 1) μ surpasse n, nombre des paramètres arbitraires de $F(x)$, 2) μ ne surpasse pas n. Chacune de ces hypothèses, comme nous verrons plus tard, peut avoir lieu; examinons les.

§ 10. *Le nombre μ surpasse n.* Dans ce cas il n'est pas important de connaître la vraie valeur de μ; car μ étant plus grand que n, la série

$$x_1, x_2, \ldots x_\mu$$

contiendra au moins $n+1$ valeurs différentes, et alors d'après le § 5 les équations

$$F^2(x) = L^2; \quad (x^2 - h^2)F'(x) = 0$$

doivent avoir au moins $n+1$ solutions communes, ce qui entraîne $n+1$ équations entre $n+1$ quantités inconnues, savoir: n paramètres cherchés de $F(x)$ et la quantité L qui désigne de combien la fonction $F(x)$ s'écartera de zéro entre les limites: $x = -h$, $x = +h$. Par la résolution de ces équations on aura toutes ces inconnues, si toutefois on ne tombe pas sur des

équations identiques, ce qui ne peut avoir lieu que dans des cas exceptionnels. Nous ne nous arrêterons pas à présent à ces cas particuliers, car ils ne se rencontrent point dans la solution des questions dont nous devrons nous occuper.

Donc, si le nombre μ est plus grand que n, on se passera tout-à-fait des équations (2). D'ailleurs il n'est pas difficile de remarquer que dans ce cas elles ne donnent rien ni par rapport à $L, p_1, p_2, \ldots p_n$, ni par rapport à $x_1, x_2, \ldots x_\mu$; car μ étant plus grand que n, le nombre des équations (2) est au-dessous de celui des inconnues $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_n$.

§ 11. *Le nombre μ ne surpasse pas n.* Dans ce cas les équations (2), par l'élimination de μ inconnues $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_\mu$, fournissent $n - \mu + 1$ équations entre $n + \mu$ quantités

$$p_1, p_2, \ldots p_n,$$
$$x_1, x_2, \ldots x^\mu.$$

D'autre part, en faisant dans les équations (1)

$$x = x_1, x_2, \ldots x_\mu,$$

on trouve encore 2μ équations entre $p_1, p_2, \ldots p_n, x_1, x_2, \ldots x_\mu$ et L. Donc, on aura en tout $n + \mu + 1$ équations entre le même nombre d'inconnues

$$p_1, p_2, \ldots p_n, x_1, x_2, \ldots x_\mu, L.$$

Par la résolution de ces équations on parviendra à déterminer et la quantité L et les paramètres cherchés $p_1, p_2, \ldots p_n$ de la fonction $F(x)$. Mais, comme ces équations changent essentiellement avec la valeur du nombre μ, on ne pourra les résoudre, qu'en fixant d'avance la valeur de μ, et pour embrasser tous les cas possibles on examinera séparément ces n hypothèses:

$$\mu = 1, 2, 3, \ldots n,$$

les seules possibles à cause de $\mu \leqq n$ et $\mu > o$.

§ 12. Tant qu'on ne saura rien d'avance sur le nombre μ, on ne pourra pas connaître les paramètres cherchés de $F(x)$, avec lesquels elle s'écarte le moins de zéro depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, qu'en comparant entre elles les valeurs de L, trouvées dans les différentes hypothèses sur μ, savoir: $\mu > n$ et $\mu = 1, 2, \ldots n$. Remarquons que l'importance de l'examen de divers systèmes des paramètres entrant dans $F(x)$ et du choix de celui qui donne la solution cherchée tient à la nature de notre problème: où l'on cherche le *minimum minimorum* de L, ce qui exige qu'on ait les valeurs de tous les *minima* possibles. Mais souvent on parvient facilement à reconnaître que les équations (2), dans le cas de $\lambda_1, \lambda_2 \ldots \lambda_\mu$ autres que 0, sont impossibles pour certaines valeurs de μ: alors le nombre des hypothèses possibles sur la valeur de μ diminue, et par là la solution de notre problème se simplifie notablement.

Un de ces cas, à la fois le plus intéressant et le plus fréquent, est celui, où d'après la nature de la fonction $F(x)$, les équations (2) entraînent

$$\lambda_1 = 0, \lambda_2 = 0, \ldots \lambda_\mu = 0,$$

tant que μ ne surpasse pas n. Alors, suivant le théorème 1, on ne pourra réduire L à sa plus petite valeur, sans faire $\mu > n$, et, comme nous venons de le voir (cas de $\mu > n$), la quantité L et les paramètres cherchés de $F(x)$ seront déterminés par la condition que les équations

$$F^2(x) - L^2 = 0, \quad (x^2 - h^2)F'(x) = 0,$$

aient au moins $n + 1$ solutions communes. Comme ces solutions sont

$$x = x_1, \quad x = x_2, \quad x = x_3, \ldots\ldots\ldots,$$

nous concluons, en vertu de ce que nous avons vu dans le § 5 par rapport à ces quantités, que les $n + 1$ solutions communes de nos équations seront nécessairement inégales et comprises entre $x = -h$ et $x = +h$.

IV.

§ 13. Pour montrer le parti que l'on peut tirer de ce que nous avons établi ci-dessus, nous allons examiner spécialement ces trois valeurs de $F(x)$:

$$F(x) = p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1}x + p_n - Y,$$

$$F(x) = \frac{p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1}x + p_n}{A_0x^m + A_1x^{m-2} + \ldots\ldots + A_{m-1}x + A_m} - Y,$$

$$F(x) = \frac{p_1x^{n-l-1} + p_2x^{n-l-2} + \ldots\ldots\ldots + p_{n-l-1}x + p_{n-l}}{p_{n-l+1}x^l + p_{n-l+2}x^{l-1} + \ldots\ldots + p_nx + 1} - Y,$$

où Y est une fonction de x qui reste finie et continue, ainsi que ses dérivées, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$. La solution de notre problème, pour ces trois valeurs de $F(x)$, est d'autant plus importante qu'elle se rattache évidemment à la représentation approximative des fonctions, soit sous la forme d'un polynôme, soit sous la forme d'une fraction avec un dénominateur donné ou arbitraire.

Premier cas.

$$F(x) = p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots\ldots\ldots + p_{n-1}x + p_n - Y.$$

§ 14. Dans ce cas on parvient facilement à reconnaître que les équations (2) supposent

$$\lambda_1 = 0, \quad \lambda_2 = 0, \ldots\ldots \lambda_\mu = 0,$$

si μ ne surpasse pas n.

En effet, la différentiation de

$$F(x) = p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1}x + p_n - Y$$

par rapport à $p_1, p_2, \ldots\ldots p_{n-1}, p_n$ nous donne

$$\frac{dF(x)}{dp_1} = x^{n-1}, \quad \frac{dF(x)}{dp_2} = x^{n-2}, \ldots\ldots \frac{dF(x)}{dp_{n-1}} = x, \quad \frac{dF(x)}{dp_n} = 1.$$

En vertu de cela, les équations (2) deviennent

$$\begin{aligned}
&\lambda_1 x_1^{n-1} + \lambda_2 x_2^{n-1} + \ldots\ldots + \lambda_\mu x_\mu^{n-1} = 0,\\
&\lambda_1 x_1^{n-2} + \lambda_2 x_2^{n-2} + \ldots\ldots + \lambda_\mu x_\mu^{n-2} = 0,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \ldots\ldots\ldots + \lambda_\mu x_\mu = 0,\\
&\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots\ldots\ldots + \lambda_\mu = 0,
\end{aligned}$$

et, en prenant la somme de ces équations, après les avoir multipliées respectivement par les quantités quelconques K_{n-1}, K_{n-2}, $\ldots\ldots K_1$, K_0, nous obtenons

$$\lambda_1 \Phi(x_1) + \lambda_2 \Phi(x_2) + \ldots\ldots + \lambda_\mu \Phi(x_\mu) = 0,$$

où

$$\Phi(x) = K_{n-1} x^{n-1} + K_{n-2} x^{n-2} + \ldots\ldots + K_1 x + K_0.$$

Or, comme $\Phi(x) = K_{n-1} x^{n-1} + K_{n-2} x^{n-2} + \ldots\ldots + K_1 x + K_0$ peut représenter toutes les fonctions entières de degré au-dessous de n, on pourra faire

$$\Phi(x) = (x - x_2)(x - x_3)\ldots(x - x_n) = x^{n-1} - (x_2 + x_3 + \ldots + x_n) x^{n-2} + (x_2 x_3 \ldots + x_{n-1} x_n) x^{n-3} \ldots,$$

si μ ne surpasse pas n, et pour cette valeur de $\Phi(x)$ l'équation précédente devient

$$\lambda_1 (x_1 - x_2)(x_1 - x_3) \ldots\ldots (x_1 - x_\mu) = 0;$$

d'où résulte

$$\lambda_1 = 0,$$

les quantités x_1, x_2, x_3, $\ldots\ldots x_\mu$ étant toutes différentes entre elles. De la même manière on trouverait

$$\lambda_2 = 0, \ldots\ldots \lambda_\mu = 0,$$

en prenant

$$\begin{aligned}
&\Phi(x) = (x - x_1)(x - x_3) \ldots\ldots (x - x_n),\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\Phi(x) = (x - x_1)(x - x_2) \ldots\ldots (x - x_{n-1}).
\end{aligned}$$

De ce que nous venons de prouver par rapport aux équations (2) dans le cas de

$$F(x) = p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n - Y,$$

et du § 12, on déduit ce théorème:

Théorème 2.

Les quantités p_1, p_2, $\ldots\ldots$ p_{n-1}, p_n étant choisies de manière à ce que la fonction

$$F(x) = p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n - Y$$

s'écarte le moins possible de zéro depuis $x = -h$ *jusqu'à* $x = +h$, *les équations*

$$F^2(x) - L^2 = 0, \quad (x^2 - h^2) F'(x) = 0$$

ont au moins $n+1$ *solutions communes, différentes entre elles et comprises entre* $x = -h$ *et* $x = +h$. *La quantité* L *désigne la limite des écarts de* $F(x)$ *de zéro entre* $x = -h$ *et* $x = +h$.

Deuxième cas.

$$F(x) = \frac{p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n}{A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m} - Y.$$

§ 15. En cherchant à résoudre notre problème pour cette valeur de $F(x)$, on pourra bien se borner au cas, où le dénominateur de la fraction

$$\frac{p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n}{A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m}$$

ne s'évanouit pas entre $x = -h$ et $x = +h$. En effet, d'après la nature du problème, la fraction cherchée doit être nécessairement l'une de celles qui ne cessent d'être finies depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$. Par conséquent, si son dénominateur

$$A_0 x_m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m$$

contenait des facteurs s'annulant entre $x = -h$ et $x = +h$, son numérateur

$$p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n$$

devrait être divisible par tous ces facteurs. En vertu de quoi la fraction cherchée serait réductible à la forme plus simple, où le dénominateur est la fonction $A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m$, dépourvue de tous ses facteurs susceptibles de s'annuler entre $x = -h$ et $x = +h$, et le numérateur une fonction de la même forme que

$$p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n,$$

mais de degré inférieur à $n - 1$ d'autant d'unités qu'on trouve dans la fonction

$$A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m$$

de facteurs linéaires qui s'évanouissent entre $x = -h$ et $x = +h$. — Ainsi notre problème sur la valeur de

$$F(x) = \frac{p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n}{A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m} - Y$$

se réduit toujours au cas, où le dénominateur ne s'annule point entre les limites $x = -h$ et $x = +h$. — C'est de ce cas que nous nous occuperons maintenant.

Comme Y, par hypothèse, est une fonction qui reste finie et continue, ainsi que ses dérivées entre $x = -h$ et $x = +h$, et que le dénominateur de la fraction

$$\frac{p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n}{A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m}$$

ne s'annule pas dans ces limites, il est clair que dans cet intervalle ni la fonction

$$F(x) = \frac{p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n}{A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m} - Y,$$

ni ses dérivées par rapport à x, p_1, p_2, $\ldots\ldots \mu_{n-1}$, p_n ne cesseront d'être finies et continues. Donc, pour cette valeur de $F(x)$ le théorème du § 6 aura lieu.

D'autre part, on reconnaît aisément qu'avec cette valeur de $F(x)$ les équations (2), dans le cas de $\mu \leqq n$, supposent que

$$\lambda_1 = 0,\ \lambda_2 = 0, \ldots\ldots \lambda_\mu = 0.$$

En effet, pour cette valeur de $F(x)$ et en faisant pour abréger

$$A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m = \varphi(x),$$

on trouve

$$\frac{dF(x)}{dp_1} = \frac{x^{n-1}}{\varphi(x)},\ \frac{dF(x)}{dp_2} = \frac{x^{n-2}}{\varphi(x)},\ \ldots\ldots \frac{dF(x)}{dp_{n-1}} = \frac{x}{\varphi(x)},\ \frac{dF(x)}{dp_n} = \frac{1}{\varphi(x)}.$$

En vertu de cela, les équations (2) deviennent

$$\begin{aligned}
&\frac{\lambda_1 x_1^{n-1}}{\varphi(x_1)} + \frac{\lambda_2 x_2^{n-1}}{\varphi(x_2)} + \ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu x_\mu^{n-1}}{\varphi(x_\mu)} = 0,\\
&\frac{\lambda_1 x_1^{n-2}}{\varphi(x_1)} + \frac{\lambda_2 x_2^{n-2}}{\varphi(x_2)} + \ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu x_\mu^{n-2}}{\varphi(x_\mu)} = 0,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\frac{\lambda_1 x_1}{\varphi(x_1)} + \frac{\lambda_2 x_2}{\varphi(x_2)} + \ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu x_\mu}{\varphi(x_\mu)} = 0,\\
&\frac{\lambda_1}{\varphi(x_1)} + \frac{\lambda_2}{\varphi(x_2)} + \ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu}{\varphi(x_\mu)} = 0;
\end{aligned}$$

où $\varphi(x_1)$, $\varphi(x_2) \ldots\ldots \varphi(x_\mu)$ sont des valeurs différentes de zéro, car la fonction

$$\varphi(x) = A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m$$

ne s'annule pas entre $x = -h$ et $x = +h$, et les valeurs x_1, x_2, $\ldots x_\mu$, comme nous l'avons vu (§ 6), sont comprises dans ces limites.

En multipliant les équations précédentes respectivement par les quantités

$$K_{n-1},\ K_{n-2}, \ldots\ldots K_1,\ K_0$$

et prenant leur somme, on a

$$\frac{\lambda_1 \Phi(x_1)}{\varphi(x_1)} + \frac{\lambda_2 \Phi(x_2)}{\varphi(x_2)} + \ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu \Phi(x_\mu)}{\varphi(x_\mu)} = 0,$$

où

$$\Phi(x) = K_{n-1} x^{n-1} + K_{n-2} x^{n-2} + \ldots\ldots + K_1 x + K_0.$$

En répétant les raisonnements employés dans le premier cas, on conclut que cette équation, où $\varphi(x_1)$, $\varphi(x_2)$, $\ldots\ldots (x_\mu)$ sont des valeurs différentes de 0, entraîne $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 0, \ldots\ldots \lambda_\mu = 0$, tant que μ ne surpasse pas n. C'est pourquoi nous parvenons, comme dans le cas précédent, à ce théorème:

Théorème 3.

Les quantités $p_1, p_2, \ldots p_{n-1}, p_n$ *étant choisies de manière à ce que la fonction*

$$F(x) = \frac{p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n}{A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots + A_{m-1} x + A_m} - Y,$$

depuis $x = -h$ *jusqu'à* $x = +h$, *s'écarte le moins de zéro, les équations*

$$F^2(x) - L^2 = 0, \quad (x^2 - h^2) F'(x) = 0$$

ont au moins $n+1$ *solutions communes, différentes entre elles et comprises entre* $x = -h$ *et* $x = h$. *La quantité* L *est la limite des valeurs de* $F(x)$ *entre* $x = -h$ *et* $x = +h$.

Troisième cas.

$$F(x) = \frac{p_1 x^{n-l-1} + p_2 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p_{n-l-1} x + p_{n-l}}{p_{n-l} x^l + p_{n-l+2} x^{l-1} + \ldots\ldots + p_n x + 1} - Y.$$

§ 16. On peut toujours supposer que la fraction

$$\frac{p_1 x^{n-l-1} + p_2 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p_{n-l-1} x + p_{n-l}}{p_{n-l+1} x^l + p_{n-l-2} x^{l-1} + \ldots\ldots + p_n x + 1}$$

est réduite à sa forme la plus simple. Dans cette supposition, et en remarquant que la fraction qui résout notre problème de *minimum* ne cessera d'être finie entre $x = -h$ et $x = +h$, on conclut que son dénominateur restera différent de zéro entre ces limites, et dans ce cas ni la fonction

$$F(x) = \frac{p_1 x^{n-l-1} + p_2 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p_{n-l-1} x + p_{n-l}}{p_{n-l+1} x^l + p_{n-l+2} x^{l-1} + \ldots\ldots + p_n x + 1} - Y,$$

ni ses dérivées par rapport à x, $p_1, p_2, \ldots\ldots p_{n-1}, p_n$, ne peuvent devenir infinies ou discontinues pour les valeurs de x que nous aurons à considérer. Donc, le théorème du § 6 sera applicable aussi à cette valeur de $F(x)$.

Pour tirer de ce théorème les équations relatives à $p_1, p_2, \ldots\ldots p_{n-1}, p_n, L$, nous commencerons par chercher les valeurs de

$$\frac{dF(x)}{dp_1}, \frac{dF(x)}{dp_2}, \ldots\ldots\ldots \frac{dF(x)}{dp_{n-1}}, \frac{dF(x)}{dp_n}.$$

D'après l'expression de $F(x)$, et en faisant pour abréger

$$p_1 x^{n-l-1} + p_2 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p_{n-l-1} x + p_{n-l} = \psi(x),$$
$$p_{n-l+1} x^l + p_{n-l+2} x^{l-1} + \ldots\ldots + p_n x + 1 = \varphi(x),$$

nous trouvons

$$\frac{dF(x)}{dp_1} = \frac{x^{n-l-1}}{\varphi(x)}, \quad \frac{dF(x)}{dp_2} = \frac{x^{n-l-2}}{\varphi(x)}, \ldots\ldots\ldots \frac{dF(x)}{dp_{n-l-1}} = \frac{x}{\varphi(x)}, \quad \frac{dF(x)}{dp_{n-l}} = \frac{1}{\varphi(x)},$$

$$\frac{dF(x)}{dp_{n-l+1}} = -\frac{x^l \psi(x)}{\varphi^2(x)}, \quad \frac{dF(x)}{dp_{n-l+2}} = -\frac{x^{l-1} \psi(x)}{\varphi^2(x)}, \ldots\ldots\ldots \frac{dF(x)}{dp_{n-1}} = -\frac{x^2 \psi(x)}{\varphi^2(x)}, \quad \frac{dF(x)}{dp_n} = -\frac{x \psi(x)}{\varphi^2(x)}.$$

Dès lors les équations (2) deviennent

$$\begin{aligned}
&\frac{\lambda_1 x_1^{n-l-1}}{\varphi(x_1)} + \frac{\lambda_2 x_2^{n-l-1}}{\varphi(x_2)} + \ldots\ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu x_\mu^{n-l-1}}{\varphi(x_\mu)} = 0,\\
&\frac{\lambda_1 x_1^{n-l-2}}{\varphi(x_1)} + \frac{\lambda_2 x_2^{n-l-2}}{\varphi(x_2)} + \ldots\ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu x_\mu^{n-l-2}}{\varphi(x_\mu)} = 0,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\frac{\lambda_1 x_1}{\varphi(x_1)} + \frac{\lambda_2 x_2}{\varphi(x_2)} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu x_\mu}{\varphi(x_\mu)} = 0,\\
&\frac{\lambda_1}{\varphi(x_1)} + \frac{\lambda_2}{\varphi(x_2)} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu}{\varphi(x_\mu)} = 0,\\
&-\frac{\lambda_1 \psi(x_1) x_1^{l}}{\varphi^2(x_1)} - \frac{\lambda_2 \psi(x_2) x_2^{l}}{\varphi^2(x_2)} - \ldots\ldots\ldots - \frac{\lambda_\mu \psi(x_\mu) x_\mu^{l}}{\varphi^2(x_\mu)} = 0,\\
&-\frac{\lambda_1 \psi(x_1) x_1^{l-1}}{\varphi^2(x_1)} - \frac{\lambda_2 \psi(x_2) x_2^{l-1}}{\varphi^2(x_2)} - \ldots\ldots - \frac{\lambda_\mu \psi(x_\mu) x_\mu^{l-1}}{\varphi^2(x_\mu)} = 0,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&-\frac{\lambda_1 \psi(x_1) x_1^{2}}{\varphi^2(x_1)} - \frac{\lambda_2 \varphi(x_2) x_2^{2}}{\varphi^2(x_2)} - \ldots\ldots\ldots - \frac{\lambda_\mu \psi(x_\mu) x^2_\mu}{\varphi^2(x_\mu)} = 0,\\
&-\frac{\lambda_1 \psi(x_1) x_1}{\varphi^2(x_1)} - \frac{\lambda_1 \psi(x_2) x_2}{\varphi^2(x_2)} - \ldots\ldots\ldots - \frac{\lambda_\mu \psi(x_\mu) x_\mu}{\varphi^2(x_\mu)} = 0.
\end{aligned}$$

Il n'est pas difficile de montrer que ces équations, dans le cas de $\mu \leqq n$ et $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_\mu$ autres que 0, entraînent celles-ci:

$$(5)\quad \ldots\ldots\ldots \begin{cases} p_1 = 0,\ p_2 = 0, \ldots\ldots p_d = 0,\\ p_{n-l+1} = 0,\ p_{n-l+2} = 0, \ldots p_{n-l+d} = 0, \end{cases}$$

où

$$d = n + 1 - \mu.$$

Pour le prouver, prenons la somme de ces équations après les avoir multipliées respectivement par les facteurs arbitraires

$$B_{n-l-1},\ B_{n-l-2}, \ldots\ldots B_1,\ B_0,\ C_l,\ C_{l-1}, \ldots\ldots C_2,\ C_1,$$

ce qui nous donne

$$\frac{\lambda_1 \Phi(x_1)}{\varphi^2(x_1)} + \frac{\lambda_2 \Phi(x_2)}{\varphi^2(x_2)} + \ldots\ldots\ldots + \frac{\lambda_\mu \Phi(x_\mu)}{\varphi^2(x_\mu)} = 0,$$

en faisant pour abréger

$$\begin{aligned}
\Phi(x) = \varphi(x)\Big[B_{n-l-1}x^{n-l-1} + B_{n-l-2}x^{n-l-2} + \ldots\ldots + B_1 x + B_0\Big]\\
- x\psi(x)\Big[C_l x^{l-1} + C_{l-1}x^{l-2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + C_2 x + C_1\Big].
\end{aligned}$$

D'après cette équation on trouverait

$$\lambda_1 = 0,\ \lambda_2 = 0, \ldots\ldots \lambda_\mu = 0,$$

comme dans les cas précédents, si par un choix convenable des quantités

$$B_{n-l-1},\ B_{n-l-2}\ldots\ldots B_1,\ B_0,\ C_l,\ C_{l-1}, \ldots\ldots C_2,\ C_1$$

dans la valeur de $\Phi(x)$

$$\Phi(x) = \varphi(x)\Big[B_{n-l-1}x^{n-l-1} + B_{n-l-2}x^{n-l-2} + \ldots\ldots + B_1 x + B_0\Big]$$
$$- x\psi(x)\Big[C_l x^l + C_{l-1}x^{l-1} + \ldots\ldots\ldots\ldots + C_2 x + C_2\Big]$$

on pouvait faire

$$\Phi(x) = (x - x_2)(x - x_3)\ldots(x - x_\mu) = x^{\mu-1} - (x_2 + x_3 + \ldots + x_\mu)x^{\mu-2} + \ldots,$$
$$\Phi(x) = (x - x_1)(x - x_3)\ldots(x - x_\mu) = x^{\mu-1} - (x_1 + x_3 + \ldots + x_\mu)x^{\mu-2} + \ldots,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\Phi(x) = (x - x_1)(x - x_2)\ldots(x - x_{\mu-1}) = x^{\mu-1} - (x_1 + x_2 + \ldots + x_{\mu-1})x^{\mu-2} + \ldots$$

D'après cela, pour prouver que les équations (2), dans le cas de $\mu \leqq n$ et $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_\mu$ autres que 0, entraînent les équations (5), il suffit de montrer que la formule

$$\varphi(x)\Big[B_{n-l-1}x^{n-l-1} + B_{n-l-2}x^{n-l-2} + \ldots\ldots + B_1 x + B_0\Big]$$
$$- x\psi(x)\Big[C_l x^{l-1} + C_{l-1}x^{l-2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + C_2 x + C_1\Big]$$

peut représenter toutes les valeurs de $\Phi(x)$ mentionnées plus haut, si les équations (5) ne sont pas satisfaites. C'est ce que nous allons faire.

Comme la fraction

$$\frac{\psi(x)}{\varphi(x)} = \frac{p_1 x^{n-l-1} + p_2 x^{n-l-2} + \ldots + p_{n-l-1}x + p_{n-l}}{p_{n-l+1}x^l + p_{n-l+2}x^{l-1} + \ldots + p_n x + 1}$$

est irréductible, et que son dénominateur

$$\varphi(x) = p_{n-l+1}x^l + p_{n-l+2}x^{l-1} + \ldots + p_n x + 1$$

n'est pas divisible par x, il en résulte que les fonctions $\varphi(x)$ et $x\psi(x)$ sont premières entre elles, et par conséquent, qu'on peut trouver des fonctions M et N satisfaisant à cette équation:

$$\varphi(x)M - x\psi(x)N = 1.$$

D'où nous tirons

$$\Phi x = \Phi x\Big[\varphi(x)M - x\psi(x)N\Big]$$
$$= \varphi(x)\Big[\Phi(x)M - x\psi(x)Q\Big] - x\psi(x)\Big[\Phi(x)N - \varphi(x)Q\Big],$$

Q étant une fonction quelconque. De cette expression de $\Phi(x)$ on conclut qu'elle est représentée par la formule

$$\varphi(x)\Big[B_{n-l-1}x^{n-l-1} + B_{n-l-2}x^{n-l-2} + \ldots\ldots + B_1 x + B_0\Big]$$
$$- x\psi(x)\Big[C_l x^{l-1} + C_{l-1}x^{l-2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + C_2 x + C_1\Big],$$

si toutefois le choix convenable de Q abaisse les degrés des fonctions

$$\Phi(x)M - x\psi(x)Q, \quad \Phi(x)N - \varphi(x)Q$$

respectivement au-dessous de $n-l$, l. Or, comme nous le verrons tout à l'heure, on y parvient toujours dans le cas où les équations

$$p_1 = 0,\ p_2 = 0, \ldots\ldots p_d = 0$$

ne sont pas satisfaites, en prenant pour Q le quotient de la division de $\Phi(x)M$ par $x\psi(x)$.

En effet, pour cette valeur de Q la fonction

$$\Phi(x)M - x\psi(x)Q$$

se réduit à R, R étant le reste de la division de $\Phi(x)M$ par $x\psi(x)$, et par conséquent, elle est de degré inférieur à celui de $x\psi(x)$ ou x^{n-l}.

En passant à la valeur de

$$\Phi(x)N - \varphi(x)Q,$$

nous remarquerons que les équations

$$\varphi(x)M - x\psi(x)N = 1,\ \ \Phi(x)M - x\psi(x)Q = R$$

donnent

$$M = \frac{1 + x\psi(x)N}{\varphi(x)},\ \ Q = \frac{\Phi(x)M - R}{x\psi(x)}.$$

D'où résulte cette expression de Q:

$$Q = \frac{\Phi(x) + x\psi(x)\Phi(x)N - R\varphi(x)}{x\psi(x)\varphi(x)},$$

et par là

$$\Phi(x)N - \varphi(x)Q = \Phi(x)N - \frac{\Phi(x) + x\psi(x)\Phi(x)N - R\varphi(x)}{x\psi(x)} = -\frac{\Phi(x)}{x\psi(x)} + \frac{R\varphi(x)}{x\psi(x)}.$$

D'après cette valeur de

$$\Phi(x)N - \varphi(x)Q$$

on reconnaît aisément que son degré sera inférieur à l, tant que les équations

$$p_1 = 0,\ p_2 = 0, \ldots\ldots p_d = 0$$

ne seront pas satisfaites, ou, ce qui revient au même, tant que le degré de la fonction

$$\psi(x) = p_1 x^{n-l-1} + p_2 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p_{n-l-1}x + p_{n-l}$$

surpassera $n-l-d-1$, ou $\mu-l-2$, d étant égal à $n+1-\mu$. Pour s'en assurer, on remarquera que dans ce cas, la fonction $\Phi(x)$ étant seulement de degré $\mu-1$, le terme $\frac{\Phi(x)}{x\psi(x)}$ sera de degré inférieur à $\mu-1-(\mu-l-1) = l$. Quant à l'autre terme de la valeur de

$$\Phi(x)N - \varphi(x)Q = -\frac{\Phi(x)}{x\psi(x)} + \frac{R\varphi(x)}{x\psi(x)},$$

il est aussi de degré inférieur à l, car R, comme nous l'avons vu, est de degré inférieur à celui de $x\psi(x)$, et la fonction

$$\varphi(x) = p_{n-l+1}x^l + p_{n-l+2}x^{l-1} + \ldots\ldots + p_n x + 1$$

ne peut pas être de degré plus élevé que l.

Ainsi nous parvenons à reconnaître que, dans le cas où les équations

$$p_1 = 0,\ p_2 = 0, \ldots\ldots p_d = 0$$

ne sont pas satisfaites, et où Q est le quotient de la division de $\Phi(x)M$ par $x\psi(x)$, les expressions

$$\Phi(x)M - x\psi(x)Q, \quad \Phi(x)N - \varphi(x)Q$$

sont respectivement de degrés inférieurs à $n - l$ et l, ce qu'il fallait démontrer.

De la même manière on parvient à reconnaître que, dans le cas où les équations

$$p_{n-l+1} = 0,\ p_{n-l+2} = 0, \ldots\ldots p_{n-l+d} = 0$$

ne sont pas satisfaites, les degrés des fonctions

$$\Phi(x)M - x\psi(x)Q, \quad \Phi(x)N - \varphi(x)Q$$

sont respectivement plus petits que $n - l$ et l, tant qu'on prend pour Q le quotient de la division de $\Phi(x)N$ par $\varphi(x)$.

En vertu de quoi, comme nous l'avons vu, les équations (2), pour $\mu \leqq n$, et $\lambda_1, \lambda_2, \ldots\ldots\lambda_\mu$ autres que zéro, entraînent certainement ces équations

$$p_1 = 0,\ p_2 = 0, \ldots\ldots p_d = 0,$$
$$p_{n-l+1} = 0,\ p_{n-l+2} = 0, \ldots\ldots p_{n-l+d} = 0,$$

où

$$d = n + 1 - \mu.$$

D'où, d'après le § 2, découle le théorème suivant:

Théorème 4.

Les quantités $p_1, p_2, \ldots\ldots p_n$ étant choisies de manière à ce que la fonction

$$F(x) = \frac{p_1 x^{n-l-1} + p_2 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p_{n-l-1}x + p_{n-l}}{p_{n-l+1}x^l + p_{n-l+2}x^{l-1} + \ldots\ldots + p_n x + 1} - Y,$$

depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, s'écarte le moins possible de zéro, le nombre des diverses solutions communes aux deux équations

$$F^2(x) = L^2 = 0, \quad (x^2 - h^2)F'(x) = 0$$

et comprises entre $x = -h$ et $x = +h$, ne peut être inférieur à $n + 1$ de d unités, à moins qu'on n'ait

$$p_1 = 0,\ p_2 = 0, \ldots\ldots p_d = 0,\ p_{n-l+1} = 0,\ p_{n-l+2} = 0, \ldots\ldots p_{n-l+d} = 0.$$

La quantité L est la limite des valeurs de $F(x)$ entre $x = -h$ et $x = +h$.

Comme chaque racine commune aux deux équations entraine une relation particulière entre leurs coefficients, il est clair que par ce théorème on obtiendra $n+1-d$ équations entre les quantités

$$p_1, p_2, \ldots\ldots\ldots p_n, L,$$

que les fonctions $F^2(x) - L^2$, $(x^2 - h^2)F'(x)$ contiennent, et comme on a, en même temps,

$$p_1 = 0,\ p_2 = 0, \ldots\ldots\ldots p_d = 0,$$

$$p_{n-l+1} = 0,\ p_{n-l+2} = 0, \ldots\ldots\ldots p_{n-l+d} = 0,$$

on aura en définitive $n+d+1$ équations entre les $n+1$ quantités cherchées: $p_1, p_2, \ldots p_n, L$. D'où il suit, que sauf le cas de $d = 0$, ces équations ne sauront être satisfaites à moins que les données du problème elles mêmes ne vérifient certaines conditions, ce qui nous porte à conclure que le nombre d ne cesse d'être égal à 0, que dans des cas exceptionnels où les quantités comprises dans la fonction Y avec la valeur donnée de h vérifient certaines équations.

Abstraction faite de ces cas, on aura

$$d = 0,$$

et alors, suivant le théorème démontré, le nombre des diverses solutions communes aux deux équations

$$F^2(x) - L^2 = 0,\quad (x^2 - h^2)F'(x) = 0$$

et comprises entre $x = -h$ et $x = +h$ sera au moins égal à $n+1$, comme cela a lieu toujours pour les deux autres valeurs de $F(x)$ déjà considérées.

V.

§ 17. Pour montrer l'application des théorèmes relatifs aux trois valeurs particulières de $F(x)$, nous chercherons la solution de ces trois problèmes:

1) *Quelle est la fonctivn entière qui, parmi toutes celles de la forme* $x^n + p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1}x + p_n$, *s'écarte le moins possible de zéro entre les limites* $x = -h$ *et* $x = +h$?

2) *Quelle est la fraction qui, parmi celles de la forme*

$$\frac{x^n + p'x^{n-1} + p''x^{n-2} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n-1)}x + p^{(n)}}{A_0x^{n-l-1} + A_1x^{n-l-2} + \ldots\ldots\ldots + A_{n-l-2}x + A_{n-l-1}}$$

et avec le même dénominateur $A_0x^{n-l-1} + A_1x^{n-l-2} + \ldots + A_{n-l-2}x + A_{n-l-1}$, *s'écarte le moins possible de zéro entre les limites* $x = -h$ *et* $x = +h$?

3) *Quelle est la fraction qui, parmi toutes les autres de la forme*

$$\frac{p'x^{n-l+1} + p''x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p^{(n-l-1)}x + p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l + p^{(n-l+2)}x^{l-1} + \ldots\ldots + p^{(n)}x + p^{(n+1)}},$$

entre $x = -h$ *et* $x = +h$, *s'écarte le moins possible d'un polynôme donné* $x^{n-l} + Ax^{n-l-1} + Bx^{n-l-2} + \ldots\ldots$?

§ 18. Tous ces problèmes ne sont, évidemment, que des cas particuliers de ceux, dont nous nous sommes occupé dans les §§ 14, 15, 16, et d'après les trois théorêmes démontrés ci-dessus on parvient facilement aux équations qui déterminent leurs solutions. Mais en passant à la recherche des résultats définitifs, on reconnaît tout de suite que les équations determinant les quantités cherchées

$$p_1,\ p_2,\ \ldots\ldots\ldots p_{n-1},\ p_n$$

ne peuvent être résolues à l'aide des méthodes connues d'Algèbre, si ce n'est quand le nombre de ces quantités est très limité; car ces équations étant de forme très compliquée, leur résolution, dans le cas de plusieurs inconnues, demande des calculs tout-à-fait impraticables. Donc, si l'on cherchait à résoudre nos problèmes au moyen de ces équations, on ne saurait aller au-delà d'un petit nombre de cas particuliers qui, pris isolément, ne présentent pas beaucoup d'intérêt. — Nous montrerons dans les paragraphes suivants qu'on peut donner la solution générale de nos problèmes, en les réduisant aux questions d'*Analyse indéterminée*.

Nous parviendrons à opérer cette réduction, en observant qu'en vertu des théorèmes démontrés plus haut, la solution de ces problèmes est caracterisée par une propriété très simple, dont jouit un système de deux équations, composées des fonctions cherchées, et dont l'expression analytique, comme on verra, fournit des equations indéterminées de second degré entre les polynômes cherchés contenus dans les fonctions et certains autres polynômes qui jouent le rôle d'inconnues auxiliaires. C'est à l'aide de ces équations indéterminées que nous obtenons la solution définitive de nos problèmes, solution qu'on ne pouvait trouver à l'aide des méthodes ordinaires d'Algèbre.

§ 19. La même méthode peut être avantageusement employée dans plusieurs autres cas et entr'autres, dans les recherches générales sur la représentation approximative des fonctions, soit sous la forme d'un polynôme, soit sous la forme d'une fraction quelconque, où elle donne la solution du problème mentionné dans le § 4. C'est ce que nous nous proposons de faire dans un autre Mémoire, où l'on verra combien la solution des problèmes particuliers, que nous donnerons à présent, est importante pour les recherches générales sur la représentation approximative des fonctions sous une forme rationnelle assignée.

Sur la fonction qui, parmi celles de la forme

$$x^n + p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1}x + p_n,$$

s'écarte le moins possible de zéro entre les limites $x = -h$ et $x = +h$.

VI.

§ 20. Comme la fonction

$$x^n + p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1}x + p_n$$

n'est que la valeur de

$$p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1}x + p_n - Y$$

dans le cas où $Y = -x^n$, nous concluons en vertu du théorème 2, que les coefficients

$$p_1, p_2, \ldots\ldots\ldots p_{n-1}, p_n$$

étant choisis de manière à ce que l'expression

$$F(x) = x^n + p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n$$

s'écarte le moins possible de zéro entre $x = -h$ et $x = +h$, les équations

$$(6) \ldots\ldots\ldots\ldots F^2(x) - L^2 = 0, \ (x^2 - h^2) F'(x) = 0$$

ont au moins $n+1$ solutions communes, différentes entre elles.

Supposons donc que

$$x = x_0$$

soit l'une de ces solutions. Il n'est pas difficile de s'assurer qu'alors l'expression

$$(x^2 - h^2)\,(F^2(x) - L^2)$$

sera divisible par $(x - x_0)^2$. — En effet, d'après la première des équations précédentes, l'expression

$$(x^2 - h^2)(F^2(x) - L^2)$$

s'annule pour $x = x_0$. De plus, comme sa première dérivée est

$$2(x^2 - h^2)F(x)F'(x) + 2x(F^2(x) - L^2),$$

en vertu des mêmes équations elle se réduira aussi à zéro pour $x = x_0$, ce qui nous prouve que l'expression

$$(x^2 - h^2)(F^2(x) - L^2)$$

est divisible par $(x - x_0)^2$.

La même chose a lieu par rapport aux autres solutions, communes aux équations (6), et comme le nombre de ces solutions, différentes entre elles, n'est pas au-dessous de $n+1$, il en résulte que l'expression

$$(x^2 - h^2)(F^2(x) - L^2)$$

est divisible par $n+1$ différents facteurs

$$(x - x_0)^2, \ (x - x_1)^2, \ (x - x_2)^2, \ldots\ldots (x - x_n)^2,$$

et, par conséquent, par leur produit

$$(x - x_0)^2 (x - x_1)^2 (x - x_2)^2 \ldots\ldots\ldots (x - x_n)^2.$$

Mais l'expression

$$(x^2 - h^2)(F^2(x) - L^2),$$

où

$$F(x) = x^n + p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n,$$

n'étant que de degré $2n+2$, le quotient de la division de cette expression par le produit

$$(x-x_0)^2(x-x_1)^2(x-x_2)^2.\ldots\ldots\ldots(x-x_n)^2$$

ne peut être qu'une constante. — Donc

$$(x^2-h^2)(F^2(x)-L^2)=C(x-x_0)^2(x-x_1)^2(x-x_2)^2.\ldots\ldots(x-x_n)^2.$$

Cette équation n'aura lieu, évidemment, que si $x+h$ et $x-h$ sont au nombre des facteurs

$$x-x_0,\ x-x_1,\ x-x_2,\ldots\ldots\ldots x-x_n.$$

Or si l'on suppose

$$x-x_0=x+h,\ x-x_1=x-h,$$

cette équation, divisée par $(x+h)(x-h)=x^2-h^2$, devient

$$F^2(x)-L^2=C(x^2-h^2)(x-x_2)^2.\ldots\ldots(x-x_n)^2,$$

ou

$$(7).\ldots\ldots\ldots\ldots\ F^2(x)-L^2=(x^2-h^2)\Phi^2(x),$$

en dénotant par $\Phi(x)$ la fonction entière

$$\sqrt{C}(x-x_2).\ldots\ldots(x-x_n).$$

C'est d'après cette équation que nous trouverons la fonction $F(x)$ qui, parmi celles de la forme $x^n+p_1x^{n-1}+p_2x^{n-2}+\ldots\ldots+p_{n-1}x+p_n$, s'écarte le moins possible de zéro entre $x=-h$ et $x=+h$. La quantité L, comme nous le savons, détermine la plus grande valeur de cette fonction pour x comprise entre les limites $x=-h$ et $x=+h$.

§ 21. Pour trouver la fonction $F(x)$ d'après l'équation (7), remarquons qu'elle donne

$$\left[F(x)-\Phi(x)\sqrt{x^2-h^2}\right]\left[F(x)+\Phi(x)\sqrt{x^2-h^2}\right]=L^2,$$

et par là

$$F(x)-\Phi(x)\sqrt{x^2-h^2}=\frac{L^2}{F(x)+\Phi(x)\sqrt{x^2-h^2}}$$

D'où nous tirons

$$\frac{F(x)}{\Phi(x)}=\sqrt{x^2-h^2}+\frac{L^2}{\Phi(x)\left[F(x)+\Phi(x)\sqrt{x^2-h^2}\right]},$$

ce qui prouve que la fraction $\frac{F(x)}{\Phi(x)}$ est la valeur de $\sqrt{x^2-h}$ exacte jusqu'aux termes de l'ordre $\frac{1}{\Phi^2(x)}$ inclusivement. Mais ceci ne peut avoir lieu, que si $\frac{F(x)}{\Phi(x)}$ est l'une des fractions convergentes de $\sqrt{x^2-h^2}$, que l'on trouve par son développement en fraction continue. — De plus, comme les fonctions $F(x)$, $\Phi(x)$, en vertu de l'équation (7), sont nécessairement premières entre elles, et que $F(x)=x^n+p_1x^{n-1}+p_2x^{n-2}+\ldots\ldots+p_{n-1}x+p_n$, il est clair que $\frac{F(x)}{\Phi(x)}$ est celle des fractions convergentes de $\sqrt{x^2-h^2}$ dont le numérateur est de degré n, et que ses parties, à un facteur constant près, sont égales à $F(x)$ et $\Phi(x)$. Donc on aura

$$F(x)=C_0P_n,\ \Phi(x)=C_0Q_n,$$

en dénotant par $\frac{P_n}{Q_n}$ celle des fractions convergentes de $\sqrt{x^2-h^2}$, dont le numérateur est de degré n. Quant à la constante C_0, on trouvera sa valeur, en remarquant que la fonction $F(x)$ doit être de la forme $x^n+p_1x^{n-1}+p_2x^{n-2}+p_{n-1}x+p_n$, et que, par conséquent, le coefficient de x^n doit être égal à 1.

§ 22. Daprès le développement de $\sqrt{x^2-h^2}$ en fraction continue, il n'est pas difficile de trouver la série de ses fractions convergentes et par là celle que nous avons désignée par $\frac{P_n}{Q_n}$, déterminant les fonctions $F(x)$ et $\Phi(x)$. Mais on peut trouver directement les valeurs des fonctions P_n et Q_n, comme nous allons le montrer.

D'après l'identité

$$(x-\sqrt{x^2-h^2})(x+\sqrt{x^2-h^2})=h^2,$$

qu'on vérifie aisément, on a

$$\sqrt{x^2-h^2}-x=-\frac{h^2}{x+\sqrt{x^2-h^2}}=-\frac{h^2}{2x+\sqrt{x^2-h^2}-x},$$

et par là on trouve

$$\sqrt{x^2-h^2}-x=-\frac{h^2}{2x+\sqrt{x^2-h^2}-x}=-\frac{h^2}{2x-\frac{h^2}{2x+\sqrt{x^2-h^2}-x}}$$

$$=-\frac{h^2}{2x}-\frac{h^2}{2x-\frac{h^2}{2x+\sqrt{x^2-h^2}-x}}=\ldots=-\frac{h^2}{2x-}\,\frac{h^2}{2x-}\,\ddots\,-\frac{h^2}{2x-}\,\frac{h^2}{\sqrt{x^2-h^2}+x}$$

D'où l'on voit que l'expression $\sqrt{x^2-h^2}$ se développe en fraction continue

$$x-\frac{h^2}{2x-}\,\frac{h^2}{2x-}\,\ddots$$

et que le quotient complet est égal à $\sqrt{x^2-h^2}+x$. Donc, en dénotant par

$$\frac{P_1}{Q_1},\ \frac{P_2}{Q_2},\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ \frac{P_{m-1}}{Q_{m-1}},\ \frac{P_m}{Q_m},\ \ldots\ldots\ldots$$

la série des fractions convergentes de

$$\sqrt{x^2-h^2}=x-\frac{h^2}{2x-}\,\frac{h^2}{2x-}\,\frac{h^2}{2x-}\,\ddots$$

on a

$$\sqrt{x^2-h^2}=\frac{P_m(\sqrt{x^2-h^2}+x)-h^2P_{m-1}}{Q_m(\sqrt{x^2-h^2}+x)-h^2Q_{m-1}},$$

et par là $$P_m - Q_m\sqrt{x^2-h^2} = \frac{h^2(P_{m-1} - Q_{m-1}\sqrt{x^2-h^2})}{x+\sqrt{x^2-h^2}}.$$

Comme

$$h^2 = (x+\sqrt{x^2-h^2})(x-\sqrt{x^2-h^2}),$$

cette valeur de $P_m - Q_m\sqrt{x^2-h^2}$ nous donne

$$P_m - Q_m\sqrt{x^2-h^2} = (x-\sqrt{x^2-h^2})(P_{m-1} - Q_{m-1}\sqrt{x^2-h^2}),$$

ou, ce qui revient au même,

$$\frac{P_m - Q_m\sqrt{x^2-h^2}}{P_{m-1} - Q_{m-1}\sqrt{x^2-h^2}} = x - \sqrt{x^2-h^2}.$$

En faisant dans cette formule

$$m = n,\ m = n-1,\ m = n-2,\ \ldots\ldots m = 3,\ m = 2,$$

nous obtenons la série d'équations:

$$\frac{P_n - Q_n\sqrt{x^2-h^2}}{P_{n-1} - Q_{n-1}\sqrt{x^2-h^2}} = x - \sqrt{x^2-h^2},$$

$$\frac{P_{n-1} - Q_{n-1}\sqrt{x^2-h^2}}{P_{n-2} - Q_{n-2}\sqrt{x^2-h^2}} = x - \sqrt{x^2-h^2},$$

$$\frac{P_{n-2} - Q_{n-2}\sqrt{x^2-h^2}}{P_{n-3} - Q_{n-3}\sqrt{x^2-h^2}} = x - \sqrt{x^2-h^2},$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{P_3 - Q_3\sqrt{x^2-h^2}}{P_2 - Q_2\sqrt{x^2-h^2}} = x - \sqrt{x^2-h^2},$$

$$\frac{P_2 - Q_2\sqrt{x^2-h^2}}{P_1 - Q_1\sqrt{x^2-h^2}} = x - \sqrt{x^2-h^2},$$

qui, étant multipliées entre elles, donnent

$$\frac{P_n - Q_n\sqrt{x^2-h^2}}{P_1 - Q_1\sqrt{x^2-h^2}} = (x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-1}.$$

D'où nous concluons

$$P_n - Q_n\sqrt{x^2-h^2} = (x-\sqrt{x^2-h^2})(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-1} = (x-\sqrt{x^2-h^2})^n,$$

en remarquant que la première fraction convergente de

$$\sqrt{x^2-h^2} = x - \cfrac{h^2}{2x - \cfrac{h^2}{2x - \ddots}}$$

est égale à $\frac{x}{1}$, et par conséquent que $P_1 = x$, $Q_1 = 1$, $P_1 - Q_1\sqrt{x^2-h^2} = x - \sqrt{x^2-h^2}$.

L'équation

$$P_n - Q_n\sqrt{x^2-h^2} = (x-\sqrt{x^2-h^2})^n,$$

par le changement du signe de $\sqrt{x^2-h^2}$, devient

$$P_n + Q_n\sqrt{x^2-h^2} = (x+\sqrt{x^2-h^2})^n,$$

et dès lors nous avons

$$P_n = \frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^n + (-\sqrt{x^2-h^2})^n}{2}, \qquad Q_n = \frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^n - (x-\sqrt{x^2-h^2})^n}{2\sqrt{x^2-h^2}}.$$

D'après cela la fonction cherchée $F(x)$, qui est égale, comme nous l'avons vu (§ 21), à C_0P_n, s'exprime ainsi:

$$F(x) = C_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^n + (x-\sqrt{x^2-h^2})^n}{2}.$$

Cette valeur de $F(x)$, développée selon les puissances croissantes de x, ayant pour premier terme $2^{n-1}C_0x^n$, et $F(x)$ devant être de la forme

$$x^n + p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots\ldots + p_1x + p_0,$$

il s'ensuit que $2^{n-1}C_0 = 1$. D'où

$$C_0 = \frac{1}{2^{n-1}},$$

et, en portant cette valeur de C_0 dans l'expression précédente de $F(x)$, nous trouvons définitivement

$$(8)\ldots\ldots\ldots\ldots F(x) = \frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^n + (x-\sqrt{x^2-h^2})^n}{2^n}.$$

Telle est la valeur de la fonction $F(x)$ qui, parmi celles de la forme $x^n + p_1x^{n-1} + p_2x^{n-2} + \ldots + p_1x + p_n$, s'écarte le moins possible de zéro, entre $x = -h$ et $x = +h$.

VII.

§ 23. La valeur trouvée de $F(x)$ fournit aisément la limite des écarts de zéro de cette fonction, entre $x = -h$ et $x = +h$, limite que nous avons désignée par L.

Pour cela, remarquons que l'équation (7), pour $x = h$, donne

$$F^2(h) - L^2 = 0,$$

et par là

$$L = \pm F(h).$$

Mais, en faisant $x = h$ dans la valeur trouvée de $F(x)$, on a

$$F(h) = \frac{h^n}{2^{n-1}};$$

donc

$$L = \frac{h^n}{2^{n-1}}.$$

D'après cette valeur de L, et en remarquant que notre fonction $F(x)$ est celle qui, parmi toutes les autres de la forme

$$x^n + p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n,$$

s'écarte le moins de zéro entre $x = -h$ et $x = +h$, nous parvenons à ce théorème:

Théorème 5.

La valeur numérique de la fonction $x^n + p_1 x^{n-1} + \ldots\ldots + p_n$, *entre* $x = -h$ *et* $x = +h$, *ne peut rester inférieure à* $2\left(\frac{h}{2}\right)^n$.

§ 24. De ce théorème se déduisent plusieurs autres; nous en indiquerons quelques-uns.

Théorème 6.

Si la fonction $f(x)$ *est de la forme* $x^n + p_1 x^{n-1} + \ldots\ldots + p_n$, *et que la différence entre deux valeurs* $f(a-h)$, $f(a+h)$ *soit inférieure à* $4\left(\frac{h}{2}\right)^n$, *la première dérivée de* $f(x)$ *change de signe entre* $x = a - h$ *et* $x = a + h$.

Pour le démontrer supposons le contraire, savoir, que $f'(x)$ ne change pas de signe entre $x = a - h$ et $x = a + h$. Dans cette supposition, la fonction

$$f(a+x) - \frac{f(a+h) + f(a-h)}{2},$$

depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, ne pourrait être que constamment croissante ou décroissante, et par conséquent, resterait comprise entre ses deux valeurs limites

$$f(a-h) - \frac{f(a+h) + f(a-h)}{2} = \frac{f(a-h) - f(a+h)}{2},$$

$$f(a+h) - \frac{f(a+h) + f(a-h)}{2} = -\frac{f(a-h) - f(a+h)}{2}.$$

D'où il suit que sa valeur numérique, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, ne surpasserait pas celle de $\frac{f(a-h) - f(a+h)}{2}$, et par conséquent, serait inférieure à $2\left(\frac{h}{2}\right)^n$, cette valeur, d'après l'énoncé du théorème, étant numériquement plus grande que

$$\frac{f(a-h) - f(a+h)}{2}.$$

Mais comme la fonction

$$f(a+x) - \frac{f(a+h) + f(a-h)}{2}$$

est de la forme

$$x^n + p_1 x^{n-1} + \ldots\ldots + p_{n-1} x + p_n,$$

ceci ne peut avoir lieu en vertu du théorême 5, ce qui prouve le théorème énoncé.

Théorème 3.

Si la valeur numérique de l'intégrale

$$\int_{H_0}^{H}(x^{n-1}+Ax^{n-2}+\ldots\ldots\ldots+K)dx$$

est inférieure à $\frac{4}{n}\left(\frac{H-H_0}{4}\right)^n$, *on trouvera au moins une racine de l'équation*

$$x^{n-1}+Ax^{n-2}+\ldots\ldots\ldots+K=0$$

entre $x=H_0$ *et* $x=H$.

Pour le prouver, nous remarquerons qu'en faisant

$$n\int_0^x(x^{n-1}+Ax^{n-2}+\ldots\ldots+K)dx=f(x),$$

$$H_0=a-h,$$

$$H=a+h,$$

on trouve

$$f(a+h)-f(a-h)=n\int_{H_0}^{H}(x^{n-1}+Ax^{n-2}+\ldots\ldots+K)dx$$

$$\left(\frac{H-H_0}{4}\right)^n=\left(\frac{h}{2}\right)^n,$$

et comme, suivant le théorème, l'intégrale définie

$$\int_{H_0}^{H}(x^{n-1}+Ax^{n-2}+\ldots\ldots\ldots+K)dx$$

est numériquement inférieure à $\frac{4}{n}\left(\frac{H-H_0}{4}\right)^n$, il en résulte que la valeur numérique de $f(a+h)-f(a-h)$ est au-dessous de $4\left(\frac{h}{2}\right)^n$. D'où, en remarquant que

$$f(x)=n\int_0^x(x^{n-1}+Ax^{n-2}+\ldots\ldots\ldots+K)dx$$

est une fonction de la forme

$$x^n+p_1x^{n-1}+\ldots\ldots\ldots+p_n,$$

nous concluons du théorème précédent que l'équation

$$f'(x)=n(x^{n-1}+Ax^{n-2}+\ldots\ldots\ldots+K)=0$$

doit avoir au moins une racine comprise entre $a-h=H_0$, $a+h=H$, ce qu'il s'agissait de prouver.

Théorème 8.

Le nombre des variations de signes dans la suite

$$f(x),\ f'(x),\ f''(x),\ldots\ldots f^{(n-1)}(x),\ f^{(n)}(x),$$

où

$$f(x) = x^n + Ax^{n-1} + \ldots\ldots + K,$$

change toujours, quand on passe de la substitution quelconque $x = t$ à celle déterminée par la formule $x = t \pm 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}$, en prenant le radical avec le signe contraire à celui de $\frac{f(t)}{f'(t)}$.

Nous ne traiterons ici que le cas où $f(t)$ et $f'(t)$ sont positives. Mais on reconnaîtra aisément que la même démonstration est applicable à tous les cas.

Pour prouver notre théorème dans le cas où $f(t)$ et $f'(t)$ sont positives, nous allons montrer que, ces valeurs étant au-dessus de zéro, au moins l'une des fonctions

$$f(x),\ f'(x),$$

change de signe entre $x = t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}$ et $x = t$. En effet, si les fonctions $f(x)$, $f'(x)$ demeuraient positives entre ces deux limites, la valeur

$$f\left(t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}\right)$$

serait positive et au-dessous de $f(t)$, et par conséquent, la valeur numérique de

$$f(t) - f\left(t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}\right)$$

resterait au-dessous de $f(t)$, ou, ce qui revient au même, au-dessous de

$$4\left[\frac{t - \left(t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}\right)}{4}\right]^n.$$

Mais cela est inadmissible, car, en vertu du théorème 6, la valeur numérique de la différence

$$f(t) - f\left(t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}\right)$$

ne peut être inférieure à

$$4\left[\frac{t - \left(t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}\right)}{4}\right]^n,$$

à moins que $f'(x)$ ne change de signe dans les limites

$$x = t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}},\quad x = t.$$

Donc, il est certain que dans ces limites au moins l'une des fonctions $f(x)$, $f'(x)$ cesse d'être positive.

Comme notre théorème devient évident, si $f(x)$ change de signe entre $x = t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}$, $x = t$, nous n'avons qu'à examiner le cas où, dans ces limites, la fonction $f(x)$ demeure positive et où $f'(x)$ change de signe.

Puisque $f'(t)$ est positive, il est clair que dans le cas où $f'(x)$ change de signe entre $x = t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}$ et $x = t$, elle doit passer du négatif au positif. Mais ce changement de signe fera disparaître deux variations de signes dans la suite

$$f(x),\ f'(x),\ f''(x),\ldots\ldots\ldots f^{(n-1)}(x),\ f^{(n)}(x);$$

car, par hypothèse, $f(x)$ est posiive depuis $x = t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}$ jusqu'à $x = t$, et $f''(x)$ ne saurait être négative, quand la fonction $f'(x)$ passe du négatif au positif, ce qui prouve notre théorème.

Dans le cas particulier où l'équation

$$f(x) = 0$$

n'a que des racines réelles, le théorème que nous venons d'établir entraîne celui-ci:

Théorème 9.

Si l'équation

$$f(x) = x^n + Ax^{n-1} + \ldots\ldots\ldots + K = 0$$

n'a que des racines réelles, quelle que soit la valeur de t, on trouvera toujours l'une de ses racines entre $x = t$ *et* $x = t - 4\sqrt[2n]{\frac{f^2(t)}{16}}$, *en prenant le radical avec le signe contraire à celui de* $\frac{f(t)}{f'(t)}$.

Théorème 10.

Si l'équation $x^{2+l} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots\ldots + Jx + K = 0$ *ne contient que des puissances impaires de x, entre les limites* $-2\sqrt[2l+1]{\frac{1}{2}K}$, $+2\sqrt[2l+1]{\frac{1}{2}K}$ *on trouvera au moins une de ses racines.*

En effet, si l'équation

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots\ldots\ldots + Jx + K = 0$$

n'avait point de racines entre

$$x = -2\sqrt[2l+1]{\tfrac{1}{2}K}, \quad x = +2\sqrt[2l+1]{\tfrac{1}{2}K},$$

la même chose aurait lieu pour celle-ci

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots\ldots + Jx - K = 0,$$

qu'on trouve, en changeant le signe de x dans l'équation

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots\ldots + Jx + K = 0.$$

D'où, en prenant le produit de ces équations, on serait porté à conclure que dans les mêmes limites l'équation

$$(x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots\ldots + Jx)^2 - K^2 = 0$$

n'a pas de racines. Mais comme la fonction

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots\ldots + Jx$$

s'annule pour $x = 0$, cela suppose que sa valeur numérique, depuis $x = -\sqrt[2l+1]{2^{2l}K}$ jusqu'à $x = +\sqrt[2l+1]{2^{2l}K}$, reste au-dessous de K, ce qui est inadmissible, car, d'après le théorème 5, la fonction de la forme $x^{2l+1} + p_1x^{2l+1} + \ldots\ldots\ldots + p_{2l+1}$, entre ces limites, ne peut rester numériquement au-dessous de

$$2\left(\frac{\sqrt[2l+1]{2^{2l}K}}{2}\right)^{2l-1} = K.$$

D'où résulte notre théorème.

Théorème 11.

Si l'équation

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots\ldots + Jx + K - K_0x^{2\lambda} = 0$$

ne contient qu'un terme $-K_0x^{2\lambda}$ *avec la puissance paire de* x, *et que ce terme soit de signe contraire à celui du terme connu* K, *on trouvera au moins une de ses racines entre les limites* $x = -\sqrt[2l+1]{2^{2l}K}$, $x = +\sqrt[2l+1]{2^{2l}K}$.

En remarquant que l'équation

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots\ldots + Jx + K - K_0x^{2\lambda} = 0$$

par le changement de x en $-x$ devient

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots\ldots + Jx - K + K_0x^{2\lambda} = 0,$$

et que ces équations, multipliées entre elles, donnent

$$(x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots + Jx)^2 - (K - K_0 x^{2\lambda})^2 = 0,$$

nous concluons, comme dans la démonstration précédente, que cette équation n'aurait point de racines entre

$$x = -2\sqrt[2l+1]{\tfrac{1}{2}K}, \quad x = +2\sqrt[2l+1]{\tfrac{1}{2}K},$$

si aucune des racines de l'équation

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots + Jx + K - K_0 x^{2\lambda} = 0$$

n'était comprise dans ces limites, et par là que la valeur numérique de la fonction

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots + Jx,$$

depuis $x = -2\sqrt[2l+1]{\tfrac{1}{2}K}$ jusqu'à $x = +2\sqrt[2l+1]{\tfrac{1}{2}K}$, resterait au-dessous de celle de $K - K_0 x^{2\lambda}$. Or cela est évidemment impossible, si l'expression $K - K_0 x^{2\lambda}$ s'annule dans ces limites, la valeur numérique n'étant jamais au-dessous de zéro. — Mais cela ne peut avoir lieu non plus, si dans ces limites l'expression $K - K_0 x^{2\lambda}$ ne s'annule pas; car dans ce cas, K_0 et K étant de même signe, la valeur numérique de $K - K_0 x^{2\lambda}$ reste au-dessous de celle de K, et d'après ce que nous venons de voir dans la démonstration du théorème précédent, la fonction

$$x^{2l+1} + Ax^{2l-1} + \ldots\ldots + Jx,$$

dans les limites

$$x = -2\sqrt[2l+1]{\tfrac{1}{2}K}, \quad x = +2\sqrt[2l+1]{\tfrac{1}{2}K},$$

ne peut rester numériquement au-dessous de K, et, à plus forte raison, d'une valeur numériquement plus petite, ce qui prouve notre théorème.

VIII.

§ 25. Les théorèmes que nous avons donnés et plusieurs autres de la même espèce, ne sont pas les seuls résultats qu'on puisse tirer de la valeur de la fonction entière qui, parmi celles de même forme, s'écarte le moins possible de zéro entre les limites données. Nous allons montrer maintenant le parti que l'on peut en tirer par rapport à *l'interpolation*.

Soit $f(x)$ l'expression exacte des valeurs que l'on cherche à représenter approximativement par la fonction entière

$$A + Bx + Cx^2 + \ldots\ldots + Hx^{n-1}$$

et

$$f(x_1),\ f(x_2),\ldots\ldots f(x_n)$$

les n valeurs de $f(x)$ au moyen desquelles on détermine les coefficients $A, B, C,\ldots\ldots H$ de l'expression cherchée de $f(x)$.

Comme l'on trouve les coefficients

$$A,\ B,\ C,\ldots\ldots\ldots H,$$

en égalant entre elles la fonction $f(x)$ et son expression cherchée

$$A + Bx + Cx^2 + \ldots\ldots + Hx^{n-1},$$

pour $x = x_1, x_2,\ldots\ldots x_n$, la différence de ces deux fonctions se réduira à zéro pour toutes ces valeurs de x. Mais d'après cela, tant que la fonction $f(x)$ et ses dérivées $f'(x), f''(x),$ $\ldots\ldots\ldots f^{(n-1)}(x), f^{(n)}(x)$ ne cessent d'être finies et continues dans les limites où sont comprises $x, x_1, x_2,\ldots\ldots\ldots x_n$, on trouve

$$f(x) - (A + Bx + Cx^2 + \ldots\ldots + Hx^{n-1}) = \frac{f^{(n)}(\alpha)}{1.2\ldots\ldots n}(x-x_1)(x-x_2)\ldots\ldots(x-x_n),$$

où α est une quantité moyenne entre $x, x_1, x_2,\ldots\ldots x_n$.

§ 26. Comme la différence

$$f(x) - (A + Bx + Cx^2 + \ldots\ldots + Hx^{n-1})$$

désigne l'erreur de la valeur approchée de $f(x)$ obtenue d'après la formule

$$f(x) = A + Bx + Cx^2 + \ldots\ldots + Hx^{n-1},$$

l'équation précédente nous montre que le degré de précision des valeurs de $f(x)$, qu'on trouve d'après cette formule, ou, ce qui revient au même, d'après l'interpolation, sera plus ou moins grand selon les valeurs de l'expression

$$\frac{f^n(\alpha)}{1.2\ldots\ldots n}(x-x_1)(x-x_2)\ldots\ldots\ldots(x-x_n).$$

Puisque cette expression, dans l'étendue où l'on fait l'interpolation, peut atteindre des limites plus ou moins considérables selon les valeurs de $x_1, x_2,\ldots\ldots\ldots x_n$, il est clair que le degré de précision des valeurs, obtenues par l'interpolation, dépend non seulement de la nature de la fonction interpolée et du nombre de termes $f(x_1), f(x_2)\ldots\ldots\ldots f(x_n)$, dont on se sert pour l'interpolation, mais aussi du choix plus ou moins convenable de ces termes. Plus l'expression

$$\frac{f^n(\alpha)}{1\ 2\ldots\ldots n}(x-x_1)(x-x_2)\ldots\ldots\ldots(x-x_n)$$

s'approche de zéro dans les limites de l'interpolation, plus les valeurs

$$f(x_1),\ f(x_2),\ldots\ldots\ldots f(x_n)$$

sont avantageuses pour la précision des résultats. Mais comme l'on ne sait rien sur l'expression exacte de la fonction interpolée $f(x)$, et par là sur la relation entre la valeur de $f^n(\alpha)$ et celle de x, x_1, x_2,.....x_n, il ne reste dans le choix de $f(x_1)$, $f(x_2)$.....$f(x_n)$ qu'à chercher à diminuer autant que possible le facteur

$$(x-x_1)(x-x_2).....(x-x_n)$$

entre les limites d'interpolation.

Donc, sous le rapport de la précision des résultats d'interpolation, à tous les systèmes des valeurs de

$$f(x_1),\ f(x_2).....f(x_n),$$

on préférera celui dans lequel la fonction

$$(x-x_1)(x-x_2).....(x-x_n),$$

entre les limites d'interpolation, s'écarte le moins de zéro, et par conséquent, d'après le § 22, on prendra

$$(x-x_1)(x-x_2).....(x-x_n)=\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^n+(x-\sqrt{x^2-h^2})^n}{2^n},$$

s'il s'agit d'interpoler entre les limites

$$x=-h,\quad x=+h.$$

§ 27. La formule que nous venons d'obtenir nous montre, que les valeurs qu'on doit prendre pour x_1, x_2,.....x_n, dans l'interpolation entre les limites $x=-h$ et $x=+h$, sont les n racines de cette équation:

$$\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^n+(x-\sqrt{x^2-h^2})^n}{2^n}=0,$$

Or, si l'on fait

$$x=h\cos\varphi,$$

cette équation devient

$$\cos(n\varphi)=0.$$

D'où il suit

$$\varphi=\frac{2k+1}{2n}\pi,$$

k étant un nombre entier quelconque.

Donc, les n racines de l'équation

$$\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^n+(x-\sqrt{x^2-h^2})^n}{2^n}=0,$$

et par conséquent, les valeurs de $x_1, x_2, \ldots . x_n$ dont nous venons de parler, s'expriment ainsi:

$$(9) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots h\cos\frac{\pi}{2n},\ h\cos\frac{3\pi}{2n},\ldots\ldots\ldots h\cos\frac{(2n-1)\pi}{2n}.$$

L'avantage de ces valeurs de $x_1, x_2, \ldots\ldots\ldots x_n$ sur celles équidistantes qu'on emploie ordinairement dans l'interpolation, se manifeste très clairement. — En effet, d'après le § 23, dans le cas où

$$(x-x_1)(x-x_2)\ldots\ldots\ldots(x-x_n)=\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^n+(x-\sqrt{x^2-h^2})^n}{2^n},$$

le produit

$$(x-x_1)(x-x_2)\ldots\ldots\ldots(x-x_n),$$

depuis $x=-h$ jusqu'à $x=+h$, n'atteint que le *double* de $\left(\frac{h}{2}\right)^n$, tandis que dans le cas de $x_1, x_2 \ldots\ldots\ldots x_n$ équidistantes

$$x_1=h,\ x_2=\frac{n-3}{n-1}h,\ x_3=\frac{n-5}{n-1}h,\ldots\ldots\ldots x_n=-h,$$

on trouve que le produit

$$(x-x_1)(x-x_2)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(x-x_n)$$

dans les mêmes limites $x=-h$, $x=+h$, ne reste pas inférieur au *triple* de $\left(\frac{h}{2}\right)^n$. Par exemple, pour

$$n=2,\ 3,\ 4,\ 5,$$

on trouve qu'avec ces vateurs de $x_1, x_2, \ldots\ldots\ldots x_n$ le produit

$$(x-x_1)(x-x_2)\ldots\ldots\ldots(x-x_n),$$

dans les limites $x=-h$, $x=+h$, atteint les valeurs suivantes:

$$4\left(\frac{h}{2}\right)^2,\ \frac{16}{\sqrt{27}}\left(\frac{h}{2}\right)^3,\ \frac{256}{81}\left(\frac{h}{2}\right)^4,\ 2\sqrt{3}\left(\frac{h}{2}\right)^5.$$

De plus, en cherchant le *maximum maximorum* de cette fonction entre $x=-h$, $x=+h$, dans le cas de n grand, on trouve pour sa valeur limitative l'expression

$$\frac{1}{\log n}\sqrt{\frac{2\pi}{n}}\left(\frac{4}{e}\right)^n\left(\frac{h}{2}\right)^n,$$

où le facteur de $\left(\frac{h}{2}\right)^n$ tend évidemment vers ∞, à mesure que le nombre n augmente.

§ 28. Comme la valeur de $f^{(n)}(\alpha)$, dans l'expression d'erreur d'interpolation

$$\frac{f^{(n)}(\alpha)}{1.2\ldots\ldots n}(x-x_1)(x-x_2)\ldots\ldots\ldots(x-x_n),$$

reste inconnue, on ne peut se représenter nettement combien on diminue son *maximum maxi-*

morum, entre $x = -h$ et $x = +h$, en remplaçant les valeurs équidistantes $x_1, x_2, \ldots\ldots x_n$ par celles déterminées, comme nous venons de le montrer (9). Mais il est facile de s'assurer que, outre le cas exceptionnel, où $f^{(n)}(0) = 0$, les rapports de *maxima maximorum* de l'expression

$$\frac{f^{n(\alpha)}}{1.2\ldots.n}(x - x_1)(x - x_2)\ldots\ldots\ldots(x - x_n)$$

et de son facteur

$$(x - x_1)(x - x_2)\ldots\ldots\ldots(x - x_n),$$

qu'on trouve entre $x = -h$ et $x = +h$, en prenant les deux systèmes des valeurs de x_1, $x_2, \ldots\ldots x_n$ dont nous avons parlé, tendent vers la même limite, à mesure que h s'approche de zéro.

En effet, soient E, M les plus grandes valeurs des expressions

$$\frac{f^{(n)(\alpha)}}{1.2\ldots.n}(x - x_1)(x - x_2)\ldots\ldots\ldots(x - x_n),$$

$$(x - x_1)(x - x_2)\ldots\ldots\ldots(x - x_n).$$

dans le cas où $x_1, x_2, \ldots\ldots\ldots x_n$ sont déterminées par (9), et où x reste entre les limites $-h$ et $+h$. Comme le rapport

$$\frac{E}{M}$$

sera compris entre la plus grande et la plus petite des valeurs que peut avoir l'expression

$$\frac{f^{n}(\alpha)}{1.2\ldots.n}$$

depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, et que α est une quantité restant dans les mêmes limites que x, $x_1, x_2, \ldots\ldots x_n$ et qui sont dans le cas actuel $-h$ et $+h$, nous trouvons

$$\frac{E}{M} = \frac{f^{(n}(\theta h)}{1.2\ldots.n},$$

en désignant par θ une valeur comprise entre -1 et $+1$.

Da la même manière nous obtenons

$$\frac{E'}{M'} = \frac{f^{(n}(\theta_1 h)}{1.2\ldots\ldots n},$$

en désignant par E', M' les plus grandes valeurs des expressions

$$\frac{f^{(n)(\alpha)}}{1.2\ldots\ldots n}(x - x_1)(x - x_2)\ldots\ldots\ldots(x - x_n),$$

$$(x - x_1)(x - x_2)\ldots\ldots\ldots(x - x_n),$$

qu'on trouve entre $x = -h$ et $x = +h$, en prenant $x_1, x_2, \ldots\ldots x_n$ équidistantes, et par θ_1 une quantité comprise entre -1 et $+1$.

Or, en divisant l'une par l'autre les valeurs de

$$\frac{E}{M}, \quad \frac{E'}{M'},$$

on a

$$\frac{E}{E'} : \frac{M}{M'} = \frac{f^{(n)}(\theta h)}{f^{(n)}(\theta_1 h)},$$

ce qui prouve que le rapport des valeurs

$$\frac{E}{E'}, \quad \frac{M}{M'},$$

tend vers l'unité, quand h s'approche de zéro, et que $f^{(n)}(\theta h)$, $f^{(n)}(\theta_1 h)$, pour $h = 0$, ne s'annulent pas, ce qu'il s'agissait de montrer.

Nous avons vu que le rapport $\frac{M}{M'}$ reste inférieur à $\frac{2}{3}$. Donc, en vertu de ce que nous avons prouvé, il est certain que le rapport $\frac{E}{E'}$, outre le cas exceptionnel $f^{(n)}(0) = 0$, sera nécessairement au-dessous de 1, tant que h sera assez petite.

Sur la fraction qui, parmi toutes celles de la forme

$$\frac{x^n + p'x^{n-1} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n-1)}x + p^{(n)}}{A_0 x^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots\ldots + A_{n-l-1}}$$

et avec le même dénominateur $A_0 x^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + A_{n-l-1}$, **s'écarte le moins possible de zéro entre les limites** $x = -h$ **et** $x = +h$.

IX.

§ 29. La fraction dont il s'agit peut être mise évidemment sous la forme

$$\frac{(p' - A_0)x^{n-1} + (p'' - A_1)x^{n-2} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n)}}{A_0 x^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots\ldots + A_{n-l-1}} - x^l,$$

et comme cette expression n'est qu'un cas particulier de celle-ci:

$$\frac{p_1 x^{n-1} + p_2 x^{n-2} + \ldots\ldots\ldots + p_n}{A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \ldots\ldots\ldots + A_m} - Y,$$

que nous avons traitée dans le § 15, nous concluons du théorème 3, que la fraction cherchée

$$\frac{x^n + p'x^{n-1} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n-1)}x + p^{(n)}}{A_0 x^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots\ldots + A_{n-l-1}},$$

et que nous dénoterons pour abréger par $F(x)$, doit jouir de cette propriété:

Dans les équations

$$F^2(x) - L^2 = 0, \quad (x^2 - h^2)F'(x) = 0$$

on trouve au moins $n+1$ *solutions communes, différentes entre elles et comprises dans les limites* $x = -h$, $x = +h$.

Conformément à ce que nous avons dit dans le § 15, nous supposons que le dénominateur

$$A_0 x^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots\ldots + A_{n-l-1}$$

ne s'annule pas entre $x = -h$ et $x = +h$.

§ 30. En faisant pour abréger

$$x^n + p'x^{n-1} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n-1)}x + p^{(n)} = U,$$

$$A_0 x^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + A_{n-l-1} = v,$$

nous trouvons

$$F(x) = \frac{x^n + p'x^{n-1} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n-1)}x + p^{(n)}}{Ax^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + A_{n-l-1}} = \frac{U}{v},$$

et par là les équations

$$F^2(x) - L^2 = 0, \quad (x^2 - h^2)F'(x) = 0$$

se réduisent à celles-ci:

$$U^2 - L^2 v^2 = 0, \quad (x^2 - h^2)\frac{v\frac{dU}{dx} - U\frac{dv}{dx}}{v^2} = 0.$$

D'après cela on reconnaît aisément que $x = x_0$ étant une solution commune des équations

$$F^2(x) - L^2 = 0, \quad (x^2 - h^2)F'(x) = 0,$$

cette valeur de x vérifie aussi les deux équations suivantes:

$$(x^2 - h^2)(U^2 - L^2 v^2) = 0,$$

$$\frac{d(x^2 - h^2)(U^2 - L^2 v^2)}{dx} = 0.$$

En effet, la première de ces équations est une conséquence immédiate de celle-ci:

$$U^2 - L^2 v^2 = 0.$$

Quant à la seconde, elle se réduit à la forme

$$2x(U^2 - L^2 v^2) + 2(x^2 - h^2)\left(U\frac{dU}{dx} - L^2 v\frac{dv}{dx}\right) = 0,$$

où, en vertu de l'équation

$$U^2 - L^2 v^2 = 0,$$

pour $x = x_0$, le premier terme s'évanouit, et le second, par la substitution de L^2v par $\frac{U^2}{v}$, devient

$$\frac{2(x^2-h^2)U}{v}\left(v\frac{dU}{dx} - U\frac{dv}{dx}\right),$$

ce qui sera 0 d'après l'équation

$$(x^2-h^2)\frac{v\frac{dU}{dx} - U\frac{dv}{dx}}{v^2} = 0,$$

dont $x = x_0$ est une racine.

Mais tant que $x = x_0$ vérifie les deux équations

$$(x^2-h^2)(U^2 - L^2v^2) = 0,$$

$$\frac{d(x^2-h^2)(U^2-L^2v^2)}{dx} = 0,$$

la fonction

$$(x^2-h^2)(U^2-L^2v^2)$$

a nécessairement pour facteur $(x-x_0)^2$.

De ce que nous venons de montrer par rapport à la solution commune aux deux équations

$$F^2(x) - L^2 = 0, \qquad (x^2-h^2)F'(x) = 0,$$

il résulte que la propriété de la fraction cherchée $\frac{U}{v} = F(x)$, énoncée plus haut, suppose que la fonction

$$(x^2-h^2)(U^2-L^2v^2)$$

est divisible par les $n+1$ facteurs

$$(x-x_0)^2,\ (x-x_1)^2,\ (x-x_2)^2, \ldots\ldots\ldots (x-x_n)^2,$$

où $x_0, x_1, x_2, \ldots\ldots x_n$ sont des valeurs inégales et comprises entre $x = -h$ et $x = +h$. D'où il suit que cette fraction est divisible par le produit

$$(x-x_0)^2(x-x_1)^2(x-x_2)^2\ldots\ldots\ldots(x-x_n)^2,$$

et que ce diviseur n'a point de facteurs communs avec v; car la fonction v, par la supposition, ne s'annule pas entre $x = -h$ et $x = +h$, et $x_0, x_1, x_2, \ldots\ldots x_n$ sont comprises dans ces limites.

Mais comme les fonctions U et v sont respectivement de degré n et $n-l-1$, le degré de $(x^2-h^2)(U^2-L^2v^2)$ ne peut surpasser calui du produit

$$(x-x_0)^2(x-x_1)^2(x-x_2)^2\ldots\ldots\ldots(x-x_n)^2$$

et par là le quotient de la division de

$$(x^2-h^2)(U^2-L^2v^2)$$

par

$$(x-x_0)^2(x-x_1)^2(x-x_2)^2.....(x-x_n)^2$$

ne peut être qu'une quantité constante. Donc on aura

$$(x^2-h^2)(U^2-L^2v^2)=C_0(x-x_0)^2(x-x_1)^2(x-x_2)^2.....(x-x_n)^2.$$

Cette équation suppose que deux des facteurs

$$x-x_0,\ x-x_1,\ x-x_2,.....x-x_n$$

sont respectivement égaux à

$$x+h,\ x-h.$$

Or si l'on fait

$$x-x_0=x+h,\ x-x_1=x-h,$$

cette équation devient

$$U^2-L^2v^2=C_0(x+h)(x-h)(x-x_2)^2.....(x-x_n)^2,$$

et par là

$$U^2-L^2v^2=(x^2-h^2)W^2,$$

ou

$$(10).....U^2-W^2(x^2-h^2)=L^2v^2,$$

en faisant pour abréger

$$\sqrt{C_0}(x-x_2).....(x-x_n)=W.$$

§ 31. C'est d'après l'équation

$$U^2-W^2(x^2-h^2)=L^2v^2$$

que nous chercherons la fonction U, désignant, comme nous l'avons vu, le numérateur de la fraction

$$\frac{U}{v}=\frac{x^n+p'x^{n-1}+.....+p^{(n-1)}x+p^{(n)}}{A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+.....+A_{n-l-1}},$$

qui, parmi toutes les autres de même forme, s'écarte le moins de zéro, depuis $x=-h$ jusqu'à $x=+h$. — Nous supposerons que d'après la décomposition de la fonction

$$v=A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+.....+A_{n-l-1}$$

en facteurs linéaires, on trouve

$$v=A_0(x-\alpha_1^{l_1})(x-\alpha_2)^{l_2}.....,$$

où α_1, α_2,..... sont des valeurs différentes entre elles. Comme la fonction v, par la supposition, ne s'évanouit pas entre $x=-h$ et $x=+h$, les quantités α_1, α_2,.... ne peuvent avoir d'autres valeurs réelles, que celles qui ne sont pas comprises dans les limites $x=-h$,

$x = +h$. D'autre part, puisque la fonction v est de degré $n - l - 1$ et que v est égale à $A_0(x-\alpha_1)^{l_1}(x-\alpha_2)^{l_2}\ldots\ldots$, on aura

$$(11)\ldots\ldots\ldots\ldots l_1 + l_2 + \ldots\ldots\ldots = n - l - 1.$$

Enfin, comme

$$(x^2-h^2)W = \sqrt{C_0}(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)\ldots\ldots\ldots(x-x_n),$$

et que $x_0, x_1, x_2, \ldots\ldots x_n$ sont des valeurs comprises entre $x = -h$ et $x = +h$, la fonction $(x^2-h^2)W$ ne pourra s'annuler pour $x = \alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots\ldots$

X.

§ 32. En passant à la détermination de U d'après l'équation

$$U^2 - W^2(x^2-h^2) = L^2v^2,$$

nous commencerons par chercher toutes les solutions de l'équation

$$X^2 - Y^2(x^2-h^2) = C^{(0)}v^2,$$

où $(x^2-h^2)Y$ ne s'annule pas pour $x = \alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$, la fonction v étant décomposable en facteurs linéaires de la manière suivante:

$$v = A_0(x-\alpha_1)^{l_1}(x-\alpha_2)^{l_2}\ldots\ldots\ldots$$

Pour y parvenir convenons de désigner par $\varepsilon_1, \varepsilon_2\ldots\ldots$ l'unité prise avec l'un de deux signes $\pm$, par P la partie rationnelle de l'expression

$$\left(\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_1-h}} + \varepsilon_1\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_1+h}}\right)^{2l_1}\left(\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_2-h}} + \varepsilon_2\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_2+h}}\right)^{2l_2}\ldots\ldots\ldots$$

ou, ce qui revient au même, de celle-ci:

$$\left(\frac{x-h}{\alpha_1-h} + \frac{x-h}{\alpha_1+h} + 2\varepsilon_1\sqrt{\frac{x^2-h^2}{\alpha_1^2-h^2}}\right)^{l_1}\left(\frac{x-h}{\alpha_2-h} + \frac{x+h}{\alpha_2+h} + 2\varepsilon_2\sqrt{\frac{x^2-h^2}{\alpha_2^2-h^2}}\right)^{l_2}\ldots\ldots$$

et par $Q\sqrt{x^2-h^2}$ sa partie affectée du facteur irrationnel $\sqrt{x^2-h^2}$. D'après cela on trouve

$$(12)\ldots\begin{cases} P + Q\sqrt{x^2-h^2} = \left(\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_1-h}} + \varepsilon_1\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_1+h}}\right)^{2l_1}\left(\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_2-h}} + \varepsilon_2\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_2+h}}\right)^{2l_2}\ldots\ldots \\ P - Q\sqrt{x^2-h^2} = \left(\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_1-h}} - \varepsilon_1\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_1+h}}\right)^{2l_1}\left(\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_2-h}} - \varepsilon_2\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_2+h}}\right)^{2l_2}\ldots\ldots \end{cases}$$

et ces formules, multipliées entre elles, nous donnent

$$\begin{aligned} P^2 - Q^2(x^2-h^2) &= \left(\frac{x-h}{\alpha_1-h} - \frac{x+h}{\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(\frac{x-h}{\alpha_2-h} - \frac{x+h}{\alpha_2-h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots\ldots \\ &= \left(\frac{2h}{\alpha_1^2-h^2}\right)^{2l_1}\left(\frac{2h}{\alpha_2^2-h^2}\right)^{2l_2}\ldots(x-\alpha_1)^{2l_1}(x-\alpha_2)^{2l_2}\ldots. \end{aligned}$$

D'où, en remarquant que le produit

$$(x-\alpha_1)^{2l_1}(x-\alpha_2)^{2l_2}\ldots\ldots\ldots,$$

à un facteur constant près, est égal à v^2, nous concluons que les fonctions P et Q, ainsi déterminées, vérifient cette équation

$$(13)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots P^2-Q^2(x^2-h^2)=C^{(1)}v^2.$$

De plus, on reconnaît aisément que les fonctions P et $Q\sqrt{x^2-h^2}$ ne s'annulent pas pour $x=\alpha_1,\ \alpha_2,\ldots\ldots\ldots\ldots$, et que leur rapport $\frac{P}{Q\sqrt{x^2-h^2}}$, pour ces valeurs de x, se réduit respectivement à $\varepsilon_1,\ \varepsilon_2,\ldots\ldots\ldots$

Pour le mettre en évidence, remarquons que $x=\alpha_1$ réduit à zéro ou l'expression

$$\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_1-h}}-\varepsilon_1\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_1+h}},$$

ou l'expression

$$\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_1-h}}+\varepsilon_1\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_1+h}},$$

selon que $\varepsilon_1=+1$ ou $\varepsilon_1=-1$, et que, pour cette valeur de x, aucune des expressions

$$\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_2-h}}+\varepsilon_2\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_2+h}},\quad \sqrt{\frac{x-h}{\alpha_3-h}}+\varepsilon_3\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_3+h}},\ldots\ldots\ldots$$

$$\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_2-h}}-\varepsilon_2\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_2+h}},\quad \sqrt{\frac{x-h}{\alpha_3-h}}-\varepsilon_3\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_3+h}},\ldots\ldots\ldots$$

ne peut s'annuler, les quantités $\alpha_1,\ \alpha_2,\ \alpha_3,\ldots\ldots\ldots$ étant inégales entre elles.

D'après cela, les formules (12) pour $x=\alpha_1$ donnent ou

$$P-Q\sqrt{x^2-h^2}=0,\qquad P+Q\sqrt{x^2-h^2}=\textit{valeur finie},$$

ou

$$P+Q\sqrt{x^2-h^2}=0,\qquad P-Q\sqrt{x^2-h^2}=\textit{valeur finie},$$

selon que $\varepsilon_1=+1$ ou -1. Donc, toujours

$$P-\varepsilon_1Q\sqrt{x^2-h^2}=0,\qquad P+\varepsilon_1Q\sqrt{x^2-h^2}=\textit{valeur finie}.$$

Mais d'après ces équations on trouve, évidemment, des valeurs finies pour P et $Q\sqrt{x^2-h^2}$, et la première d'elles donne $\frac{P}{Q\sqrt{x^2-h^2}}=\varepsilon_1$, ce qu'il s'agissait de montrer.

§ 33. Il est facile maintenant de trouver toutes les solutions possibles de l'équation

$$X^2-Y^2(x^2-h^2)=C^{(2)}v^2,$$

où $Y\sqrt{x^2-h^2}$ ne s'annule pas pour $x=\alpha_1,\ \alpha_2,\ldots\ldots\ldots$

En premier lieu, remarquons que cette équation où

$$v = A_0(x-\alpha_1)^{l_1}(x-\alpha_2)^{l_2}\ldots\ldots,$$

pour $x = \alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$, donne

$$X^2 - Y^2(x^2-h^2) = 0$$

et par là

$$X = \pm Y\sqrt{x^2-h^2},$$

et, comme la fonction $Y\sqrt{x^2-h^2}$ ne s'annule pas pour $x = \alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$, cela suppose que le rapport $\frac{X}{Y\sqrt{x^2-h^2}}$, pour $x = \alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$, doit se réduire à 1 avec l'un des deux signes $\pm$. D'où il suit qu'on n'omettra aucune solution, en supposant que $\frac{X}{Y\sqrt{x^2-h^2}}$, pour $x = \alpha_1, \alpha_2, \ldots$, se réduit respectivement à $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots\ldots$, par lesquels nous désignons ± 1. Cela posé, nous allons montrer que les solutions cherchées de l'équation

$$(14) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots X^2 - Y^2(x^2-h^2) = C^{(0)}v^2$$

et les fonctions P et Q, déterminées par (12), sont liées entre elles de la manière suivante:

1) *Les expressions* $PX - QY(x^2-h^2)$, $PY - QX$ *sont divisibles par* v^2.

2) *Les fonctions*

$$X_0 = \frac{PX - QY(x^2-h^2)}{v^2}, \qquad Y_0 = \frac{PY - QX}{v^2}$$

vérifient l'équation

$$X_0^2 - Y_0^2(x^2-h^2) = \textit{constante}.$$

En effet, par les équations (13) et (14) on trouve

$$X^2 = Y^2(x^2-h^2) + C^{(0)}v^2, \qquad P^2 = Q^2(x^2-h^2) + C^{(1)}v^2,$$

et en vertu de ces valeurs de X^2 et Y^2, le produit

$$\Big(PX - QY(x^2-h^2)\Big)\Big(PX + QY(x^2-h^2)\Big) = P^2X^2 - Q^2Y^2(x^2-h^2)^2$$

se réduit à

$$\Big(Y^2(x^2-h^2) + C^{(0)}v^2\Big)\Big(Q^2(x^2-h^2) + C^{(1)}v^2\Big) - Q^2Y^2(x^2-h^2)^2$$
$$= C^{(0)}Q^2(x^2-h^2)v^2 + C^{(1)}Y^2(x^2-h^2)v^2 + C^{(0)}C^{(1)}v^4.$$

D'où il est clair que le produit

$$\Big(PX - QY(x^2-h^2)\Big)\Big(PX + QY(x^2-h^2)\Big)$$

est divisible par v^2.

D'autre part, on reconnaît aisément que le facteur

$$PX + QY(x^2-h^2)$$

ne s'annule pas pour $x = \alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots\ldots$

Pour s'en assurer, remarquons que les fonctions

$$QV\overline{x^2-h^2}, \qquad YV\overline{x^2-h^2}$$

ne s'annulent pas pour ces valeurs de x, et tant qu'elles restent différentes de 0, l'expression

$$PX + QY(x^2-h^2)$$

ne peut s'évanouir, à moins qu'on n'ait

$$\frac{PX}{QY(x^2-h^2)} + 1 = 0,$$

ou, ce qui revient au même,

$$\frac{P}{QV\overline{x^2-h^2}} \cdot \frac{X}{YV\overline{x^2-h^2}} = -1.$$

Or cela ne peut avoir lieu pour $x = \alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$, car nous avons vu que, pour ces valeurs de x, les rapports

$$\frac{P}{QV\overline{x^2-h^2}}, \qquad \frac{X}{YV\overline{x^2-h^2}}$$

se réduisent à $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots\ldots$, et par là leur produit devient $\varepsilon_1^2, \varepsilon_2^2, \ldots\ldots$, valeurs égales à 1.

Ainsi on parvient à s'assurer que l'expression

$$PX + QY(x^2-h^2)$$

ne s'annule pas pour $x = \alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$, et par conséquent, qu'elle n'a point de facteur commun avec la fonction

$$v = A_0(x-\alpha_1)^{l_1}(x-\alpha_2)^{l_2}\ldots\ldots$$

Mais comme nous venons de trouver que le produit

$$\Big(PX - QY(x^2-h^2)\Big)\Big(PX + QY(x^2-h^2)\Big)$$

est divisible par v^2, il en résulte que v^2 divise le facteur $PX - QY(x^2-h^2)$.

Il nous reste à montrer que les fonctions

$$X_0 = \frac{PX - QY(x^2-h^2)}{v^2},$$

$$Y_0 = \frac{PY - QX}{v^2}$$

vérifient l'équation

$$X_0^2 - Y^2(x^2-h^2) = \textit{constante}.$$

Or on y parvient très aisément, en remarquant que le produit des équations (13) et (14) peut être mis sous cette forme :

$$\Big(PX - QY(x^2-h^2)\Big)^2 - \Big(PY - QX\Big)^2(x^2-h^2) = C^{(0)}C^{(1)}v^4;$$

d'où, en divisant par v^4, on obtient

$$\left(\frac{PX-QY(x^2-h^2)}{v^2}\right)^2-\left(\frac{PY-QX}{v^2}\right)^2(x^2-h^2)=C^{(0)}C^{(I)},$$

et par là

$$X_0^{\,2}-Y_0^{\,2}(x^2-h^2)=C^{(0)}C^{(I)},$$

en dénotant par X_0, Y_0 les quotients de la division des fonctions

$$PX-QY)x^2-h^2), \quad QY-QX$$

par v^2.

§ 34. De ce que nous savons sur la relation des fonctions P et Q, déterminées par les formules (12), et les solutions cherchées de l'équation

$$X^2-Y^2(x^2-h^2)=C^{(0)}v^2,$$

il est clair qu'on tirera toutes ces solutions des formules

$$X_0=\frac{PX-QY(x^2-h^2)}{v^2},$$

$$Y_0=\frac{PY-QX}{v^2},$$

en prenant pour X_0 et Y_0 toutes les fonctions entières propres à vérifier l'équation

$$X_0^{\,2}-Y_0^{\,2}(x^2-h^2)=\textit{constante}.$$

Or, d'après ce que nous avons vu dans le § 22 par rapport à l'équation

$$F^2(x)-\Phi^2(x)(x^2-h^2)=L^2,$$

on ne pourra vérifier l'équation

$$X_0^{\,2}-Y_0^{\,2}(x^2-h^2)=\textit{constante},$$

en prenant X_0 du degré n, que par les valeurs de X_0, Y_0 déterminées ainsi:

$$X_0=C_0Q_n, \quad Y_0=C_0Q_n,$$

$$P_n+Q_n\sqrt{x^2-h^2}=(x+\sqrt{x^2-h^2})^n,$$

$$P_n-Q_n\sqrt{x^2-h^2}=(x-\sqrt{x^2-h^2})^n,$$

ou, ce qui revient au même,

$$X_0+Y_0\sqrt{x^2-h^2}=C_0(x+\sqrt{x^2-h^2})^n,$$

$$X_0-Y_0\sqrt{x^2-h^2}=C_0(x-\sqrt{x^2-h^2})^n.$$

D'où il suit qu'on trouvera toutes les solutions possibles de cette équation d'après les formules

$$X_0 + Y_0\sqrt{x^2-h^2} = C_0(x+\sqrt{x^2-h^2})^\lambda,$$
$$X_0 - Y_0\sqrt{x^2-h^2} = C_0(x-\sqrt{x^2-h^2})^\lambda,$$

en prenant pour l'exposant λ un nombre entier quelconque.

De cela nous concluons que toutes les solutions cherchées de l'équation

$$X^2 - Y^2(x^2-h^2) = C^{(0)}v^2$$

se déterminent par ce système d'équations:

$$X_0 = \frac{PX - QY(x^2-h^2)}{v^2}, \qquad Y_0 = \frac{PY - QX}{v^2},$$
$$X_0 + Y_0\sqrt{x^2-h^2} = C_0(x+\sqrt{(x^2-h^2)})^\lambda,$$
$$X_0 - Y_0\sqrt{x^2-h^2} = C_0(x-\sqrt{(x^2-h^2)})^\lambda,$$

où P, Q sont des fonctions entières qu'on trouve au moyen des formules (12).

§ 35. En passant à la recherche des valeurs de X et Y, nous remarquerons que les deux premières équations donnent

$$X_0 + Y_0\sqrt{x^2-h^2} = \frac{(P-Q\sqrt{x^2-h^2})(X+Y\sqrt{x^2-h^2})}{v^2},$$
$$X_0 - Y_0\sqrt{x^2-h^2} = \frac{(P+Q\sqrt{x^2-h^2})(X-Y\sqrt{x^2-h^2})}{v^2},$$

et, en vertu de deux dernières, ces formules deviennent

$$C_0(x+\sqrt{x^2-h^2})^\lambda = \frac{(P-Q\sqrt{x^2-h^2})(X+Y\sqrt{x^2-h^2})}{v^2},$$
$$C_0(x-\sqrt{x^2-h^2})^\lambda = \frac{(P+Q\sqrt{x^2-h^2})(X-Y\sqrt{x^2-h^2})}{v^2}.$$

En remplaçant ici, d'après (13), v^2 par $\frac{P^2-Q^2\sqrt{x^2-h^2}}{C^{(I)}}$, nous obtenons

$$C_0(x+\sqrt{x^2-h^2})^\lambda = C^{(I)}\frac{(P-Q\sqrt{x^2-h^2})(X+Y\sqrt{x^2-h^2})}{P^2-Q^2\sqrt{x^2-h^2}} = C^{(I)}\frac{X+Y\sqrt{x^2-h^2}}{P+Q\sqrt{x^2-h^2}},$$
$$C_0(x-\sqrt{x^2-h^2})^\lambda = C^{(I)}\frac{(P+Q\sqrt{x^2-h^2})(X-Y\sqrt{x^2-h^2})}{P^2-Q^2\sqrt{x^2-h^2}} = C^{(I)}\frac{X-Y\sqrt{x^2-h^2}}{P-Q\sqrt{x^2-h^2}}.$$

D'où résultent ces valeurs de $X+Y\sqrt{x^2-h^2}$ et $X-Y\sqrt{x^2-h^2}$:

$$X+Y\sqrt{x^2-h^2} = \frac{C_0}{C^{(I)}}(x+\sqrt{x^2-h^2})^\lambda(P+Q\sqrt{x^2-h^2}),$$
$$X-Y\sqrt{x^2-h^2} = \frac{C_0}{C^{(I)}}(x-\sqrt{x^2-h^2})^\lambda(P-Q\sqrt{x^2-h^2}),$$

qui, d'après la substitution des valeurs (12) de $P+QV(x^2-h^2)$, $P-QV(x^2-h^2)$, et en faisant

$$\frac{C_0}{C^{(I)}} = C_I,$$

deviennent

$$X+YV(x^2-h^2) = C_I(x+V(x^2-h^2))^\lambda\left(V\frac{x-h}{\alpha_1-h}+\varepsilon_1V\frac{x+h}{\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(V\frac{x-h}{\alpha_2-h}+\varepsilon_2V\frac{x+h}{\alpha_2+h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots$$

$$X-YV(x^2-h^2) = C_I(x-V(x^2-h^2))^\lambda\left(V\frac{x-h}{\alpha_1-h}-\varepsilon_1V\frac{x+h}{\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(V\frac{x-h}{\alpha_2-h}-\varepsilon_2V\frac{x+h}{\alpha_2+h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots$$

Ainsi nous parvenons à déterminer toutes les solutions de l'équation

$$X^2-Y^2(x^2-h^2) = C^{(0)}v^2$$

où $YV(x^2-h^2)$ ne s'annule pas pour $x=\alpha_1, \alpha_2, \ldots$. La quantité C_I et le nombre λ sont des constantes arbitraires; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots$ désignent ± 1.

XI.

§ 36. D'après les solutions trouvées de l'équation

$$X^2-Y^2(x^2-h^2) = C^{(0)}v^2,$$

nous voyons que l'équation

$$U^2-W^2(x^2-h^2) = L^2v^2,$$

établie par rapport à la fonction cherchée U (§ 30), suppose

$$U+WV(x^2-h^2) = C_I(x+V(x^2-h^2))^\lambda\left(V\frac{x-h}{\alpha_1-h}+\varepsilon_1V\frac{x+h}{\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(V\frac{x-h}{\alpha_2-h}+\varepsilon_2V\frac{x+h}{\alpha_2+h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots$$

$$U-WV(x^2-h^2) = C_I(x-V(x^2-h^2))^\lambda\left(V\frac{x-h}{\alpha_1-h}-\varepsilon_1V\frac{x+h}{\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(V\frac{x-h}{\alpha_2-h}-\varepsilon_2V\frac{x+h}{\alpha_2+h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots$$

et par là

$$U = \frac{C_I}{2}(x+V(x^2-h^2))^\lambda\left(V\frac{x-h}{\alpha_1-h}+\varepsilon_1V\frac{x+h}{\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(V\frac{x-h}{\alpha_2-h}+\varepsilon_2V\frac{x+h}{\alpha_2+h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots$$
$$+\frac{C_I}{2}(x-V(x^2-h^2))^\lambda\left(V\frac{x-h}{\alpha_1-h}-\varepsilon_1V\frac{x+h}{\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(V\frac{x-h}{\alpha_2-h}-\varepsilon_2V\frac{x+h}{\alpha_2+h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots,$$

$$W = \frac{C_I}{2}\frac{(x+V(x^2-h^2))^\lambda}{V(x^2-h^2)}\left(V\frac{x-h}{\alpha_1-h}+\varepsilon_1V\frac{x+h}{\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(V\frac{x-h}{\alpha_2-h}+\varepsilon_2V\frac{x+h}{\alpha_2+h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots$$
$$-\frac{C_I}{2}\frac{(x-V(x^2-h^2))^\lambda}{Vx_2-h^2}\left(V\frac{x-h}{\alpha_1-h}-\varepsilon_1V\frac{x+h}{\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(V\frac{x-h}{\alpha_2-h}-\varepsilon_2V\frac{x+h}{\alpha_2+h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots$$

Pour déterminer les valeurs de λ et C_I observons que l'expression trouvée de U, étant développée suivant les puissances ascendantes de x, donne pour premier terme

$$2^{\lambda-1}C_I\left(\frac{1}{V\alpha_1-h}+\frac{\varepsilon_1}{V\alpha_1+h}\right)^{2l_1}\left(\frac{1}{V\alpha_2-h}+\frac{\varepsilon_2}{V\alpha_2+h}\right)^{2l_2}\ldots\ldots x^{\lambda+l_1+l_2+\ldots\ldots},$$

et comme la fonction cherchée U est de la forme

$$x^n + p'x^{n-1} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n-1)}x + p^{(n)},$$

il en résulte

$$\lambda + l_1 + l_2 + \ldots\ldots\ldots = n,$$

$$2^{\lambda-1}C_I\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1-h}} + \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{\alpha_1+h}}\right)^{2l_1}\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_2-h}} + \frac{\varepsilon_2}{\sqrt{\alpha_2+h}}\right)^{2l_2}\ldots\ldots = 1.$$

La première de ces équations, en vertu de (11), nous donne

$$\lambda = n - (n - l - 1) = l + 1,$$

et en portant cette valeur de λ dans la dernière, on en tire

$$C_I = \frac{1}{2^l}\,\frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1-h}} + \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{\alpha_1+h}}\right)^{2l_1}\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_2-h}} + \frac{\varepsilon_2}{\sqrt{\alpha_2+h}}\right)^{2l_2}\ldots\ldots}.$$

D'après cela les expressions précédentes de U et W deviennent

$$U = \left(\frac{x+\sqrt{x^2-h^2}}{2}\right)^{l+1}\left[\frac{\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_1-h}} + \varepsilon_1\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_1+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_1-h}} + \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{\alpha_1+h}}}\right]^{2l_1}\left[\frac{\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_2-h}} + \varepsilon_2\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_2+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_2-h}} + \frac{\varepsilon_2}{\sqrt{\alpha_2+h}}}\right]^{2l_2}\ldots\ldots\ldots$$

$$+ \left(\frac{x-\sqrt{x^2-h^2}}{2}\right)^{l+1}\left[\frac{\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_1-h}} - \varepsilon_1\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_1+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_1-h}} + \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{\alpha_1+h}}}\right]^{2l_1}\left[\frac{\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_2-h}} - \varepsilon_2\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_2+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_2-h}} + \frac{\varepsilon_2}{\sqrt{\alpha_2+h}}}\right]^{2l_2}\ldots\ldots\ldots,$$

$$W = \frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{l+1}}{2^{l+1}\sqrt{x^2-h^2}}\left[\frac{\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_1-h}} + \varepsilon_1\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_1+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_1-h}} + \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{\alpha_1+h}}}\right]^{2l_1}\left[\frac{\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_2-h}} + \varepsilon_2\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_2+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_2-h}} + \frac{\varepsilon_2}{\sqrt{\alpha_2+h}}}\right]^{2l_2}\ldots\ldots\ldots$$

$$+ \frac{(x-\sqrt{x^2-h^2})^{l+1}}{2^{l+1}\sqrt{x^2-h^2}}\left[\frac{\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_1-h}} - \varepsilon_1\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_1+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_1-h}} + \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{\alpha_1+h}}}\right]^{2l_1}\left[\frac{\sqrt{\frac{x-h}{\alpha_2-h}} - \varepsilon_2\sqrt{\frac{x+h}{\alpha_2+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_2-h}} + \frac{\varepsilon_2}{\sqrt{\alpha_2+h}}}\right]^{2l_2}\ldots\ldots\ldots$$

§ 37. Pour trouver la valeur de L, remarquons que pour $x = h$ l'équation

$$U^2 - W^2(x^2-h^2) = L^2v^2$$

donne

$$U^2 = L^2v^2, \quad U = \pm Lv,$$

ce qui prouve que la quantité L, au signe près, est égale à la valeur de $\frac{U}{v}$ pour $x = h$, et comme les expressions précédentes de U et v, dans le cas de $x = h$, fournissent

$$U = 2\left(\frac{h}{2}\right)^{l+1}\left[\frac{\varepsilon_1\sqrt{\frac{2h}{\alpha_1+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_1-h}}+\frac{\varepsilon_1}{\sqrt{\alpha_1+h}}}\right]^{2l_1}\left[\frac{\varepsilon_2\sqrt{\frac{2h}{\alpha_1+h}}}{\frac{1}{\sqrt{\alpha_2-h}}+\frac{\varepsilon_2}{\sqrt{\alpha_2+h}}}\right]^{2l_2}\cdots\cdots$$

$$= \frac{(\alpha_1-h)^{l_1}(\alpha_2-h)^{2l_2}\cdots\cdots\cdots\cdots h^{l+l_1+l_2+\cdots\cdots+1}}{2^l(\alpha_1+\varepsilon_1\sqrt{\alpha_1^2-h^2})^{l_1}(\alpha_2+\varepsilon_2\sqrt{\alpha_2^2-h^2})^{l_2}\cdots\cdots},$$

$$v = A_0(\alpha_1-h)^{l_1}(\alpha_2-h)^{l_2}\cdots\cdots,$$

et que d'après (11)

$$l_1+l_2+\cdots\cdots = n-l-1,$$

il en résulte cette valeur de L:

$$L = \pm\frac{h^n}{2^l A_0(\alpha_1+\varepsilon_1\sqrt{\alpha_1^2-h^2})^{l_1}(\alpha_2+\varepsilon_2\sqrt{\alpha_2^2-h^2})^{l_2}\cdots\cdots},$$

ou, ce qui revient au même,

$$L = \pm\frac{h^n}{2^l A_0\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\cdots\cdots\left(1+\varepsilon_1\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\right)^{l_1}\left(1+\varepsilon_2\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\right)^{l_2}\cdots\cdots}.$$

Mais comme on a

$$v = A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\cdots\cdots+A_{n-l-1} = A_0(x-\alpha_1)^{l_1}(x-\alpha_2)^{l_2}\cdots\cdots,$$

on trouve

$$\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\cdots\cdots = \pm\frac{A_{n-l-1}}{A_0},$$

et par là l'expression trouvée de L se réduit à celle-ci:

$$(15)\ \cdots\cdots L = \pm\frac{h^n}{2^l A_{n-l-1}\left(1+\varepsilon_1\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\right)^{l_1}\left(1+\varepsilon_2\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\right)^{l_2}\cdots\cdots}.$$

§ 38. Dans les expressions de la fonction cherchée U et de la quantité L il ne reste d'inconnu que les signes de $\varepsilon_1 = \pm 1$, $\varepsilon_2 = \pm 1\ldots\ldots$ Nous allons montrer maintenant qu'on doit prendre

$$\varepsilon_1 = +1,\ \ \varepsilon_2 = +1,\ldots\ldots,$$

si l'on regarde comme valeurs absolues des radicaux

$$\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}},\quad \sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}},\ldots\ldots,$$

celles des racines des équations

$$x^2 = 1-\frac{h^2}{\alpha_1^2},\quad x^2 = 1-\frac{h^2}{\alpha_2^2},\ldots\ldots,$$

dont la partie réelle est positive.

D'après l'expression de L on voit que son module, pour $\varepsilon_1 = +1$, $\varepsilon_2 = +1,\ldots\ldots$, a

la plus petite valeur de celles qu'on trouve dans toutes les hypothèses possibles sur les signes de $\varepsilon_1 = \pm 1$, $\varepsilon_2 = \pm 1, \ldots\ldots$; car les parties réelles des quantités

$$\sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_1^2}}, \quad \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_2^2}}, \ldots\ldots\ldots$$

étant positives, les modules de

$$1 + \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_1^2}}, \quad 1 + \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_2^2}}, \ldots\ldots\ldots$$

sont respectivement au-dessous de ceux de

$$1 - \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_1^2}}, \quad 1 - \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_2^2}}, \ldots\ldots\ldots$$

D'autre part, on reconnaît aisément que la valeur de L, qu'on trouve en prenant $\varepsilon_1 = +1$, $\varepsilon_2 = +1, \ldots\ldots$, est réelle. En effet, les quantités $\alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$ ne peuvent avoir, comme nous l'avons vu (§ 31), de valeurs réelles comprises entre $x = -h$ et $x = +h$, et par là on voit que les expressions

$$\sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_1^2}}, \quad \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_2^2}}, \ldots\ldots\ldots$$

ne sauraient être imaginaires que dans le cas où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$ le sont. Mais comme les facteurs imaginaires de la fonction réelle

$$v = A_0 (x - \alpha_1)^{l_1} (x - \alpha_2)^{l_2} \ldots\ldots$$

sont conjugués deux à deux, il suit que la même chose aura lieu par rapport aux facteurs imaginaires du produit

$$\left(1 + \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_1^2}}\right)^{l_1} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha_2^2}}\right)^{l_2} \ldots\ldots\ldots$$

et alors notre formule donne pour L une valeur réelle.

En vertu de ce que nous avons montré sur la valeur de L dans le cas de $\varepsilon_1 = +1$, $\varepsilon_2 = +1, \ldots\ldots$, on voit qu'elle sera la plus petite parmi les valeurs réelles de L, qu'on peut trouver d'après notre formule. Or, comme L désigne la limite des valeurs de la fonction cherchée $\frac{U}{v}$ entre $x = -h$ et $x = +h$, et que, suivant notre problème, il s'agit de rendre cette valeur aussi proche de zéro que possible, il en résulte que la supposition

$$\varepsilon_1 = +1, \quad \varepsilon_2 = +1, \ldots\ldots\ldots,$$

donne la solution cherchée, si toutefois, en prenant ces valeurs de $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots\ldots$ dans nos formules, on trouve que la fraction $\frac{U}{v}$, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, reste effectivement comprise entre $-L$ et $+L$. C'est ce qu'on reconnaît très aisément, comme nous allons le montrer.

En posant $\varepsilon_1 = +1$, $\varepsilon_2 = +1, \ldots\ldots$, dans les valeurs trouvées de U et W, nous remarquons qu'elles se réduisent à cette forme:

$$(16)\quad U = \left(\frac{x+\sqrt{x^2-h^2}}{2}\right)^{l+1}\left[\frac{\frac{\alpha_1 x-h^2}{\alpha_1}+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\sqrt{x^2-h^2}}{1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}}\right]^{l_1}\left[\frac{\frac{\alpha_2 x-h^2}{\alpha_2}+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\sqrt{x^2-h^2}}{1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}}\right]^{l_2}\ldots.$$

$$+\left(\frac{x-\sqrt{x^2-h^2}}{2}\right)^{l+1}\left[\frac{\frac{\alpha_1 x-h^2}{\alpha_1}-\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\sqrt{x^2-h^2}}{1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}}\right]^{l_1}\left[\frac{\frac{\alpha_2 x-h^2}{\alpha_2}-\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\sqrt{x^2-h^2}}{1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}}\right]^{l_2}\ldots.$$

$$W = \frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{l+1}}{2^{l+1}\sqrt{x^2-h^2}}\left[\frac{\frac{\alpha_1 x-h^2}{\alpha_1}+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\sqrt{x^2-h^2}}{1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}}\right]^{l_1}\left[\frac{\frac{\alpha_2 x-h^2}{\alpha_2}+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\sqrt{x^2-h^2}}{1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}}\right]^{l_2}\ldots.$$

$$-\frac{(x-\sqrt{x^2-h^2})^{l+1}}{2^{l+1}\sqrt{x^2-h^2}}\left[\frac{\frac{\alpha_1 x-h^2}{\alpha_1}-\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\sqrt{x^2-h^2}}{1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}}\right]^{l_1}\left[\frac{\frac{\alpha_2 x-h^2}{\alpha_2}-\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\sqrt{x^2-h^2}}{1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}}\right]^{l_2}\ldots.$$

et comme les facteurs des produits

$$\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\right)^{l_1}\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\right)^{l_2}\ldots\ldots\ldots,$$

$$\left(\frac{\alpha_1 x-h^2}{\alpha_1}+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\sqrt{x^2-h^2}\right)^{l_1}\left(\frac{\alpha_2 x-h^2}{\alpha_2}+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\sqrt{x^2-h^2}\right)^{l_2}\ldots\ldots,$$

$$\left(\frac{\alpha_1 x-h^2}{\alpha_1}-\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\sqrt{x^2-h^2}\right)^{l_1}\left(\frac{\alpha_2 x-h^2}{\alpha_2}-\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\sqrt{x^2-h^2}\right)^{l_2}\ldots\ldots,$$

en vertu de ce que nous avons vu par rapport aux quantités $\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}$, $\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}, \ldots\ldots$, sont ou réels ou imaginaires, conjugués deux à deux, on voit que les valeurs U et W sont nécessairement réelles. Mais tant que les fonctions U, W et la quantité L sont réelles, l'équation

$$U^2 - W^2(x^2-h^2) = L^2v^2$$

suppose que, depuis $x=-h$ jusqu'à $x=+h$, la fonction U^2 ne surpasse pas L^2v^2, et par conséquent, la fraction $\frac{U}{v}$ reste comprise entre $-L$ et $+L$, ce qu'il s'agissait de prouver. Ainsi nous parvenons à reconnaitre, que la fonction U étant déterminée d'après la formule (16), la fraction $\frac{U}{v}$ sera celle qui, parmi toutes les autres de la forme

$$\frac{x^n+p'x^{n-1}+\ldots\ldots\ldots+p^{(n-1)}x+p^{(n)}}{A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots\ldots+A_{n-l-1}}$$

et avec le mme dénominateur

$$A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots\ldots\ldots+A_{n-l-1},$$

s'écarte le moins de zéro entre $x = -h$ et $x = +h$. Quant à L, limite des valeurs de cette fraction entre $x = -h$ et $x = +h$, en prenant dans la formule (15) $\varepsilon_1 = 1$, $\varepsilon_2 = 1, \ldots\ldots$, nous trouvons qu'elle s'exprime ainsi :

$$L = \pm \frac{h^n}{2^l A_{n-l-1}\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\right)^{l_1}\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\right)^{l_2}\ldots\ldots}.$$

Comme toutes les autres fractions avec le dénominateur

$$A_0 x^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots\ldots + A_{n-l-1}$$

et le numérateur

$$x^n + p' x^{n-1} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n-1)} x + p^{(n)},$$

entre $x = -h$ et $x = +h$, s'écarteront de zéro plus que celle dont nous venons de parler, il en résulte que, dans cet intervalle, leur valeur ne pourra pas être au-dessous de la valeur trouvée de L.

XII.

§ 39. Indiquons maintenant le parti que l'on peut tirer pour l'Algèbre des résultats donnés sur les fractions de la forme

$$\frac{x^n + p' x^{n-1} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n-1)} x + p^{(n)}}{A_0 x^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots\ldots + A_{n-l-1}}.$$

Si $\alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$ sont réelles, les quantités

$$1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}, \quad 1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}, \ldots\ldots\ldots$$

comme nous l'avons vu, le sont aussi, et leur valeur est évidemment au-dessous de 2. D'autre part, si $\alpha_1, \alpha_2, \ldots\ldots$ sont des valeurs imaginaires et que ρ soit la limite inférieure de leurs modules, on voit que les modules des quantités

$$1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}, \quad 1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}, \ldots\ldots\ldots$$

ne surpassent pas $1+\sqrt{1+\frac{h^2}{\rho^2}}$, et par conséquent restent au-dessous de $2 + \frac{h}{\rho}$; car $\sqrt{1+\frac{h^2}{\rho^2}} < 1 + \frac{h}{\rho}$. D'après cela, en supposant que l'équation

$$A_0 x^{n-l-1} + A_1 x^{n-l-2} + \ldots\ldots + A_{n-l-1} = A_0 (x-\alpha_1)^{l_1} (x-\alpha_2)^{l_2} \ldots\ldots = 0,$$

a μ racines imaginaires et $n-l-\mu-1$ racines réelles, nous trouvons que le produit

$$\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1^2}}\right)^{l_1}\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2^2}}\right)^{l_2}\ldots\ldots$$

est plus petit que $2^{n-l-\mu-1}\left(2+\frac{h}{\rho}\right)^{\mu}=2^{n-l-1}\left(\frac{2\rho+h}{2\rho}\right)^{\mu}$, et par là

$$\frac{h^n}{2^l\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1{}^2}}\right)^{l_1}\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2{}^2}}\right)^{l_2}\ldots.}>2\left(\frac{h}{2}\right)^n\left(\frac{2\rho}{2\rho+h}\right)^{\mu}.$$

D'où, en vertu de la valeur de

$$L=\pm\frac{h^n}{2^l A_{n-l-1}\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_1{}^2}}\right)^{l_1}\left(1+\sqrt{1-\frac{h^2}{\alpha_2{}^2}}\right)^{l_2}\ldots.},$$

résulte, dans le cas de $A_{n-l-1}=1$, ce théorème:

Théorème 12.

Si le dénominateur de la fraction

$$\frac{x^n+p'x^{n-1}+\ldots\ldots\ldots+p^{(n-1)}x+p^{(n)}}{A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots\ldots\ldots+A_{n-l-1}x+1}$$

ne s'annule pas entre $x=-h$ et $x=+h$, la valeur numérique de cette fraction, depuis $x=-h$ jusqu'à $x=+h$, ne peut rester au-dessous de $2\left(\frac{h}{2}\right)^n\left(\frac{2\rho}{2\rho+h}\right)^{\mu}$, où μ est le nombre des racines imaginaires de l'équation

$$A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots\ldots\ldots+A_{n-l-2}x+1$$

et ρ la limite inférieure de leurs modules.

Si la fonction $A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots.+A_{n-l-2}x+1$ s'annule entre $x=-h$ et $x=+h$, dans ces limites la fraction

$$\frac{x^n+p'x^{n-1}+\ldots\ldots\ldots+p^{(n-1)}x+p^{(n)}}{A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots\ldots\ldots+A_{n-l-2}x+1}$$

ne peut rester finie, à moins que son numérateur ne s'annule en même temps que le dénominateur. D'après cela le théorème actuel entraîne celui-ci:

Théorème 13.

Dans les limites $x=-h$ et $x=+h$, où la fraction

$$\frac{x^n+p'x^{n-1}+\ldots\ldots\ldots+p^{(n-1)}x+p^{(n)}}{A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots\ldots\ldots+A_{n-l-2}x+1}$$

ne devient $\frac{0}{0}$, sa valeur numérique ne peut rester au-dessous de $2\left(\frac{h}{2}\right)^n\left(\frac{2\rho}{2\rho+h}\right)^{\mu}$, μ étant le nombre des racines imaginaires de l'équation $A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots\ldots\ldots+A_{n-l-2}x+1=0$ et ρ la limite inférieure de leurs modules.

*

Dans le cas où le dénominateur $A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots\ldots+A_{n-l-2}x+1$ ne contient que des facteurs réels, le nombre μ se réduit à zéro, et le théorème précédent se change en cet autre:

Théorème 14.

Si la fraction

$$\frac{x^n+p'x^{n-1}+\ldots\ldots+p^{(n-1)}x+p^{(n)}}{A_0x^{n-l-1}+A_1x^{n-l-2}+\ldots\ldots+A_{n-l-2}x+1}$$

dont le dénominateur est composé de facteurs linéaires réels, ne devient $\frac{0}{0}$ *entre* $x=-h$ *et* $x=+h$, *sa valeur numérique dans ces limites ne peut rester au-dessous de* $2\left(\frac{h}{2}\right)^n$.

§ 40. D'après ces théorèmes on démontre plusieurs propositions très simples par rapport à la résolution des équations. En voici quelques-unes:

Théorème 15.

Si l'équation $Ax^{2\lambda}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+K=0$ *a* μ *racines imaginaires et que leurs modules ne soient pas inférieurs à* ρ, *on trouve au moins une racine de l'équation*

$$x^{2\lambda+1}+Ax^{2\lambda}+Bx^{2\lambda-1}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+Jx+K=0$$

entre $x=-h$ *et* $x=+h$, *tant que la valeur numérique de* K *ne surpasse pas* $2\left(\frac{h}{2}\right)^{2\lambda+1}\left(\frac{2\rho}{2\rho+h}\right)^{\mu}$.

En effet, si l'équation

$$x^{2\lambda+1}+Ax^{2\lambda}+Bx^{2\lambda-1}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+Jx+K=0$$

n'avait point de solutions entre $x=-h$ et $x=+h$, la même chose aurait lieu par rapport à celle-ci:

$$x^{2\lambda+1}-Ax^{2\lambda}+Bx^{2\lambda-1}-Cx^{2\lambda}+\ldots\ldots-Hx^2+Jx-K=0,$$

qu'on trouve en changeant x en $-x$ dans l'équation

$$x^{2\lambda+1}+Ax^{2\lambda}+Bx^{2\lambda-1}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+Jx+K=0,$$

et par là il faudrait conclure que, dans les limites $x=-h$ et $x=+h$, on ne peut satisfaire à cette équation

$$(x^{2\lambda+1}+Bx^{2\lambda-1}+\ldots\ldots+Jx)^2-(Ax^{2\lambda}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+K)^2=0,$$

obtenue en multipliant entre elles les deux équations précédentes. Or cela est inadmissible, comme nous allons le montrer.

Cette équation a évidemment une solution entre $x=-h$ et $x=+h$, si dans ces limites les deux fonctions

$$x^{2\lambda+1}+Bx^{2\lambda-1}+\ldots\ldots+Jx,$$

$$Ax^{2\lambda}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots\ldots+Hx^2+K$$

s'annulent ensemble. Dans le cas contraire la fraction

$$\frac{x^{2\lambda+1} + Bx^{2\lambda-1} + \ldots\ldots + Jx}{\frac{A}{K}x^{2\lambda} + \frac{B}{K}x^{2\lambda-1} + \ldots\ldots\ldots + \frac{H}{K}x^2 + 1},$$

entre $x = -h$ et $x = +h$, ne devient pas $\frac{0}{0}$, et alors, d'après le théorème 13, sa valeur numérique ne peut rester au-dessous de $2\left(\frac{h}{2}\right)^{2\lambda+1}\left(\frac{2\rho}{2\rho+h}\right)^{\mu}$, et par conséquent au-dessous de la valeur numérique de K, cette valeur étant, par hypothèse, tout au plus égale à $2\left(\frac{h}{2}\right)^{2\lambda+1}\left(\frac{2\rho}{2\rho+h}\right)^{\mu}$. Mais en mettant l'équation

$$(x^{2\lambda+1} + Bx^{2\lambda-1} + \ldots + Jx)^2 - (Ax^{2\lambda} + Cx^{2\lambda-2} + \ldots + Hx^2 + K)^2 = 0$$

sous la forme

$$\left(\frac{x^{2\lambda+1} + Bx^{2\lambda-1} + \ldots\ldots + Jx}{\frac{A}{K}x^{2\lambda} + \frac{C}{K}x^{2\lambda-1} + \ldots\ldots\ldots + \frac{H}{K}x^2 + 1}\right)^2 - K^2 = 0,$$

on s'assure aisément qu'elle a au moins une racine entre $x = -h$ et $x = +h$, tant que la fraction

$$\frac{x^{2\lambda+1} + Bx^{2\lambda-1} + \ldots\ldots + Jx}{\frac{A}{K}x^{2\lambda} + \frac{C}{K}x^{2\lambda-2} + \ldots\ldots + \frac{H}{K}x^2 + 1}$$

qui s'annule pour $x = 0$, ne reste pas dans ces limites numériquement au-dessous de K, ce qui prouve le théorème énoncé.

A l'aide de ce théorème on trouvera toujours les limites $-h$ et $+h$ où l'équation

$$x^{2\lambda+1} + Ax^{2\lambda} + Bx^{2\lambda-1} + Cx^{2\lambda-2} + \ldots\ldots + Hx^2 + Jx + K = 0$$

a au moins une racine, en prenant pour h une valeur positive qui remplisse la condition

$$(17) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4\left(\frac{h}{2}\right)^{4\lambda+2}\left(\frac{2\rho}{2\rho+h}\right)^{2\mu} \geqq K^2.$$

Or si l'équation

$$Ax^{2\lambda} + Cx^{2\lambda-2} + \ldots\ldots + Hx^2 + K = 0$$

n'a que des racines réelles, le nombre μ se réduit à zéro, et alors cette condition devient

$$4\left(\frac{h}{2}\right)^{4\lambda+2} \geqq K^2,$$

ou

$$h \geqq 2\sqrt[4\lambda+2]{\tfrac{1}{4}K^2},$$

ce qu'on vérifiera en prenant pour h celle des deux valeurs $+2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K}$, $-2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K}$ qui est positive. D'où résulte le théorème suivant:

Théorème 16.

Dans les limites $-2\sqrt[2\lambda+1]{\frac{1}{2}K}$, $+2\sqrt[2\lambda+1]{\frac{1}{2}K}$ *on trouve au moins une racine de l'équation*

$$x^{2\lambda+1}+Ax^{2\lambda}+B^{2\lambda-1}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+Jx+K=0$$

si l'équation $Ax^{2\lambda}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+K=0$ *n'a que des racines réelles.*

§ 41. En remarquant que la condition (17) peut être mise sous la forme

$$4\left(\frac{h}{2}\right)^{4\lambda-2\mu+2}\geqq K^2\left(\frac{2}{h}+\frac{1}{\rho}\right)^{2\mu},$$

on voit aisément qu'on la vérifie par une valeur positive de h, en prenant

$$h=2\sqrt[4\lambda+2]{\frac{1}{4}K^2}\left[1+\frac{1}{\rho}\sqrt[4\lambda+2]{\frac{1}{4}K^2}\right]^{\frac{\mu}{2\lambda+1-\mu}}.$$

Pour s'en assurer on n'a qu'à remarquer que, pour cette valeur de h, on trouve d'une part

$$4\left(\frac{h}{2}\right)^{4\lambda-2\mu+2}=4\left(\frac{1}{4}K^2\right)^{\frac{4\lambda-2\mu+2}{4\lambda+2}}\left[1+\frac{1}{\rho}\sqrt[4\lambda+2]{\frac{1}{4}K^2}\right]^{2\mu}=K^2\left[\sqrt[4\lambda+2]{\frac{4}{K^2}}+\frac{1}{\rho}\right)^{2\mu},$$

et de l'autre $\left(\text{à cause de } h>2\sqrt[4\lambda+2]{\frac{1}{4}K^2}\right)$

$$K^2\left[\frac{2}{h}+\frac{1}{\rho}\right]^{2\mu}<K^2\left[\sqrt[2\lambda+2]{\frac{4}{K^2}}+\frac{1}{\rho}\right]^{2\mu}.$$

D'où résulte l'inégalité

$$4\left(\frac{h}{2}\right)^{4\lambda-2\mu+2}>K^2\left[\frac{2}{h}+\frac{1}{\rho}\right]^{2\mu},$$

qu'il s'agissait de vérifier.

En observant que d'après l'expression ci-dessus de h, cette valeur propre à remplir la condition (17) est égale à

$$\pm 2\sqrt[2\lambda+1]{\frac{1}{2}K}\left[1+\frac{1}{\rho}\sqrt[4\lambda+2]{\frac{1}{4}K^2}\right]^{\frac{\mu}{2\lambda-\mu+1}}$$

avec l'un des deux signes $\pm$, nous déduisons du théorème 15 celui-ci:

Théorème 17.

On trouve toujours au moins une racine de l'équation

$$x^{2\lambda+1}+Ax^{2\lambda}+Bx^{2\lambda-1}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+Jx+K=0$$

entre les limites

$$-2\sqrt[2\lambda+1]{\frac{1}{2}K}\left[1+\frac{1}{\rho}\sqrt[4\lambda+2]{\frac{1}{4}K^2}\right]^{\frac{\mu}{2\lambda-\mu+1}},$$

$$+2\sqrt[2\lambda+1]{\frac{1}{2}K}\left[1+\frac{1}{\rho}\sqrt[4\lambda+2]{\frac{1}{4}K^2}\right]^{\frac{\mu}{2\lambda-\mu+1}},$$

où μ *est le nombre des racines imaginaires de l'équation*

$$Ax^{2\lambda}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+K=0$$

et ρ *la limite inférieure de leurs modules.*

Si μ ne surpasse pas λ, la fraction $\frac{\mu}{2\lambda-\mu+1}$ reste plus petite que 1, et alors*)

$$\left[1+\frac{1}{\rho}\sqrt[4\lambda+2]{\frac{1}{4}K^2}\right]^{\frac{\mu}{2\lambda-\mu+1}}<1+\frac{1}{\rho^{\frac{\mu}{2\lambda-\mu+1}}}\left(\frac{1}{4}K^2\right)^{\frac{\mu}{(4\lambda+2)(2\lambda-\mu+1)}};$$

d'où il résulte

$$2\sqrt[2\lambda+1]{\frac{1}{2}K}\left[1+\frac{1}{\rho}\sqrt[4\lambda+2]{\frac{1}{4}K^2}\right]^{\frac{\mu}{2\lambda+1-\mu}}<2\sqrt[2\lambda+1]{\frac{1}{2}K}+2\sqrt[2\lambda-\mu+1]{\frac{K}{2\rho^{\mu}}},$$

et le théorème précédent entraine celui-ci:

Théorème 18.

Si μ, *le nombre des racines imaginaires de l'équation*

$$Ax^{2\lambda}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+K=0,$$

ne surpasse pas λ *et leurs modules ne sont pas inférieurs à* ρ, *on trouve toujours au moins une racine de l'équation*

$$x^{2\lambda+1}+Ax^{2\lambda}+Bx^{2\lambda-1}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots+Hx^2+Jx+K=0$$

entre les limites

$$+2\sqrt[2\lambda+1]{\frac{1}{2}K}+2\sqrt[2\lambda-\mu+1]{\frac{K}{2\rho^{\mu}}},$$

$$-2\sqrt[2\lambda+1]{\frac{1}{2}K}-2\sqrt[2\lambda-\mu+1]{\frac{K}{2\rho^{\mu}}}.$$

Dans le cas où l'équation

$$Ax^{2\lambda}+Cx^{2\lambda-2}+\ldots\ldots\ldots+Hx^2+K=0$$

se réduit à

$$K_0x^{2\lambda_0}+K=0,$$

---

* On reconnait aisément que dans le cas de $z>0$, $m<1$ et >0, la quantité $(1+z)^m$ est plus petite que $1+z^m$, en remarquant que la fonction $(1+z)^m-1-z^m$, dont la première dérivée est $m[(1+z)^{m-1}-z^{m-1}]$, reste décroissante pour toutes les valeurs positives de z et s'annule pour $z=0$.

les quantités K_0, K étant de même signe, on trouve que μ, le nombre de ses racines imaginaires, est $2\lambda_0$, et que toutes ces racines ont pour module $\sqrt[2\lambda_0]{\frac{K}{K_0}}$. Or, en prenant cette valeur pour ρ et en posant $\mu = 2\lambda_0$, on obtient

$$2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K} + 2\sqrt[2\lambda-\mu+1]{\frac{K}{2\rho^{\mu}}} = 2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K} + 2\sqrt[2(\lambda-\lambda_0)+1]{\tfrac{1}{2}K_0}.$$

D'où, en vertu du théorème précédent, résulte le suivant:

Théorème 19.

Si l'équation

$$x^{2\lambda+1} + Cx^{2\lambda-1} + \ldots\ldots + K_0x^{2\lambda_0} + \ldots\ldots + Jx + K = 0$$

ne contient qu'un terme $K_0x^{2\lambda_0}$ avec la puissance paire de x et que le coefficient de ce terme soit de même signe que le terme connu K et l'exposant ne surpasse pas λ, cette équation a au moins une racine, comprise entre les limites

$$-2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K} \quad -2\sqrt[2(\lambda-\lambda_0)+1]{\tfrac{1}{2}K_0},$$

$$-2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K} \quad +2\sqrt[2(\lambda-\lambda_0)+1]{\tfrac{1}{2}K_0}.$$

Si les termes $K_0x^{2\lambda_0}$ et K sont de signes contraires, on trouvera, d'après le théorème 11, au moins une des racines de l'équation

$$x^{2\lambda+1} + Cx^{2\lambda-1} + \ldots\ldots + K_0x^{2\lambda_0} + \ldots\ldots + Jx + K = 0$$

dans ces limites plus rapprochées:

$$-2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K}, \qquad +2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K}.$$

Donc, si l'on désigne par K_0, K des valeurs positives, les limites

$$-2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K} \quad -2\sqrt[2(\lambda-\lambda_0)+1]{\tfrac{1}{2}K_0},$$

$$+2\sqrt[2\lambda+1]{\tfrac{1}{2}K} \quad +2\sqrt[2(\lambda-\lambda_0)+1]{\tfrac{1}{2}K_0}$$

contiennent nécessairement au moins une racine de l'équation

$$x^{2\lambda+1} + Cx^{2\lambda-1} + \ldots\ldots \pm K_0x^{2\lambda_0} + \ldots\ldots + Jx \pm K = 0,$$

quels que soient les signes des termes $K_0x^{2\lambda}$ et K.

XIII.

Sur la fraction qui, parmi toutes les autres de la forme

$$\frac{p'x^{n-l-1}+p''x^{n-l-2}+\ldots\ldots+p^{(n-l-1)}x+p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l+p^{(n-l+2)}x^{l-1}+\ldots\ldots\ldots+p^{(n)}x+p^{(n+1)}},$$

entre $x=-h$ et $x=+h$, s'écarte le moins d'un polynôme donné

$$x^{n-l}+Ax^{n-l-1}+Bx^{n-l-2}+\ldots\ldots$$

§ 42. Il est clair que cette fraction ne doit pas devenir infinie pour $x=0$ et cela suppose que, dans son expression

$$\frac{p'x^{n-l-1}+p''x^{n-l-2}+\ldots\ldots+p^{(n-l-1)}x+p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l+p^{(n-l+2)}x^{l-1}+\ldots\ldots\ldots+p^{(n)}x+p^{(n+1)}},$$

le terme $p^{(n+1)}$ ne se réduit pas à zéro. Mais tant que $p^{(n+1)}$ n'est pas zéro, cette fonction peut être évidemment mise sous la forme

$$\frac{p_1x^{n-l-1}+p_2x^{n-l-2}+\ldots\ldots+p_{n-l-1}x+p_{n-l}}{p_{n-l+1}x^l+p_{n-l+2}x^{l-1}+\ldots\ldots\ldots+p_nx+1},$$

en dénotant

$$\frac{p'}{p^{(n+1)}},\ \frac{p''}{p^{(n+1)}},\ldots\ldots\frac{p^{(n-l-1)}}{p^{(n+1)}},\ \frac{p^{(n-l)}}{p^{(n+1)}},\ \frac{p^{(n-l+1)}}{p^{(n+1)}},\ldots\ldots\frac{p^{(n)}}{p^{(n+1)}}$$

par

$$p_1,\ p_2,\ldots\ldots p_{n-l-1},\ p_{n-l},\ p_{n-l+1},\ldots\ldots p_n.$$

C'est sous cette forme que nous chercherons la fraction dont il s'agit.

En désignant par $F(x)$ la différence du polynôme donné

$$x^{n-l}+Ax^{n-l-1}+Bx^{n-l-2}+\ldots\ldots$$

et de la fraction cherchée

$$\frac{p_1x^{n-l-1}+p_2x^{n-l-2}+\ldots\ldots+p_{n-l-1}x+p_{n-l}}{p_{n-l+1}x^l+p_{n-l+2}x^{l-1}+\ldots\ldots+p_nx+1},$$

nous concluons du théorème 4 (§ 16), que le nombre des solutions communes aux deux équations

$$F^2(x)-L^2=0,\quad (x^2-h^2)F'(x)=0$$

et différentes elles ne peut s'abaisser jusqu'à $n+1-d$, à moins que la fraction cherchée

$$\frac{p_1x^{n-l-1}+p_2x^{n-l-2}+\ldots\ldots+p_{n-l-1}x+p_{n-l}}{p_{n-l+1}x^l+p_{n-l+2}x^{l-1}+\ldots\ldots+p_nx+1}$$

ne se réduise à la forme

$$\frac{p_{d+1}x^{n-l-d-1}+\ldots\ldots+p_{n-l-1}x+p_{n-l}}{p_{n-l+d+1}x^{l-d}+\ldots\ldots+p_nx+1}.$$

Or, en faisant pour abréger

$$x^{n-l}+Ax^{n-l-1}+Bx^{n-l-2}+\ldots\ldots\ldots=u,$$

$$p_{d+1}x^{n-l-d-1}+\ldots\ldots\ldots+p_{n-l-1}x+p_{n-l}=U,$$

$$p_{n-l+d+1}x^{l-d}+\ldots\ldots\ldots+p_nx+1=V,$$

on trouve

$$F(x)=u-\frac{U}{V}=\frac{uV-U}{V},$$

et par là les équations dont nous venons de parler deviennent

$$(uV-U)^2-L^2V^2=0,$$

$$(x^2-h^2)\frac{d\frac{uV-U}{V}}{dx}=0.$$

§ 43. En suivant la même marche que dans le § 30, on reconnaît aisément que $x=x_0$ étant une solution commune à ces équations, l'expression

$$(x^2-h^2)[(uV-U)^2-L^2V^2]$$

est divisible par $(x-x_0)^2$, et comme le nombre de ces racines, différentes entre elles, est au moins $n+1-d$, nous concluons que l'expression

$$(x^2-h^2)[(uV-U)^2-L^2V^2]$$

est divisible par les $n+1-d$ différents facteurs

$$(x-x_0)^2,\ (x-x_1)^2,\ (x-x_2)^2,\ldots\ldots(x-x_{n-d})^2.$$

D'où nous déduisons l'équation

$$(x^2-h^2)[(uV-U)^2-L^2V^2]=C(x-x_0)^2(x-x_1)^2(x-x_2)^2\ldots\ldots(x-x_{n-d})^2,$$

en remarquant que la fonction $(x^2-h^2)[(uV-U)^2-LV^2]$, où

$$u=x^{n-l}+Ax^{n-l-1}+Bx^{n-l-2}\ldots\ldots\ldots,$$

$$V=p_{n-l+d+1}x^{l-d}+\ldots\ldots\ldots+p_nx+1,$$

$$U=p_{d+1}x^{n-l-d-1}+\ldots\ldots+p_{n-l-1}x+p_{n-l},$$

ne peut être de degré plus élevé que son diviseur

$$(x-x_0)^2(x-x_1)^2(x-x_2)^2\ldots\ldots(x-x_{n-d})^2.$$

Mais cette équation ne peut avoir lieu, évidemment, à moins qu'on ne trouve $x-h$ et $x+h$ parmi les facteurs

$$x-x_0,\ x-x_1,\ x-x_2,\ldots\ldots x-x_{n-d},$$

et si nous supposons, pour fixer les idées, qu'on ait

$$x-x_0=x-h,\ x-x_1=x+h,$$

elle devient

$$(x^2-h^2)[(uV-U)^2-L^2V^2]=C(x-h)^2(x+h)^2(x-x_2)^2\ldots\ldots(x-x_{n-d})^2,$$

et par là

$$(uV-U)^2-L^2V^2=C(x^2-h^2)(x-x_2)^2\ldots\ldots\ldots(x-x_{n-d})^2.$$

D'où nous tirons l'équation

(18) . . . . . $(uV-U)^2-L^2V^2=W^2(x^2-h^2)$,

en désignant par W la fonction entière

$$\sqrt{C}(x-x_2)\ldots\ldots(x-x_{n-d}).$$

Comme les fonctions U et V sont de la forme

$$p_{d+1}x^{n-l-d-1}+\ldots\ldots\ldots+p_{n-l-1}x+p_{n-l},$$
$$p_{n-l-d+1}x^{l-d}+\ldots\ldots\ldots+p_nx+1,$$

leurs degrés ne surpasseront pas $n-l-d+1$, $l-d$. De plus, on voit facilement que le degré de V ne peut être au-dessous de $l-d$; car autrement la fonction

$$(uV-U)^2-L^2V^2$$

serait de degré inférieur à $2(n-d)$, et par conséquent l'équation (18) où

$$W^2(x^2-h^2)=C(x-x_2)^2\ldots\ldots(x-x_{n-d})^2(x^2-h^2)$$

ne pourrait avoir lieu. Donc, la fonction V sera nécessairement du degré $l-d$.

§ 44. Conformément à ce que nous avons dit dans le § 16, la fraction

$$\frac{U}{V}=\frac{p_{d+1}x^{n-l-d-1}+\ldots\ldots\ldots+p_{n-l-1}x+p_{n-l}}{p_{n-l+d+1}x^{l-d}+\ldots\ldots\ldots+p_nx+1}$$

est la valeur de la fraction cherchée, réduite à sa forme la plus simple, et, par conséquent, les fonctions U et V sont premières entre elles. Cette valeur de la fraction cherchée peut présenter deux cas; savoir: celui où d est un nombre pair, et celui où d est impair. Mais nous réduirons le dernier cas au premier, en supposant que, dans le cas de d impair, on introduise dans les fonctions U, V, W un facteur commun, tel que $1+\frac{x}{h}$ ou $1-\frac{x}{h}$, ce qui n'altère ni la forme de l'équation (18), ni la valeur de la fraction $\frac{U}{V}$, seulement ses termes deviennent divisibles par une même

fonction $x+h$ ou $x-h$. En vertu de quoi nous supposerons désormais que d est un nombre pair et que les fonctions U et V peuvent avoir un commun diviseur $x\pm h$, diviseur qui ne présente aucun embarras dans nos recherches, comme on le verra ensuite.

§ 45. En passant à la détermination des fonctions U et V, nous remarquerons que l'équation (18) peut être mise sous cette forme:

$$(uV-U+LV)(uV-U+LV)=(x^2-h^2)W^2,$$

ce qui prouve que la fonction $(x^2-h^2)W^2$ est décomposable en ces deux facteurs:

$$uV-L+LV,\quad uV-U-LV.$$

Comme ces facteurs, multipliés respectivement par $L+u$, $L-u$, donnent en somme $-2LU$, et que leur différence se réduit à $2LV$, il est clair que leur commun diviseur doit diviser aussi les deux fonctions

$$U,\ V,$$

et par conséquent, qu'il ne peut être que de la forme $x\pm h$, car les fonctions U et V, comme nous l'avons vu (§ 44), ne peuvent avoir un commun diviseur de l'autre forme. En vertu de cela et en remarquant que la fonction $(x^2-h^2)W^2$ ne peut être décomposée en deux facteurs soit premiers entre eux, soit avec un commun diviseur de la forme $x\pm h$, que de ces deux manières:

$$W_0^2\cdot(x^2-h^2)W_1^2,$$
$$(x-h)W_0^2\cdot(x+h)W_1,$$

nous concluons que l'équation

$$(uV-U+LV)(uV-U-LV)=(x^2-h^2)W^2$$

entraine nécessairement l'une de ces quatre paires d'équations:

$$uV-U+LV=W_0^2,\qquad uV-U-LV=(x^2-h^2)W_1^2,$$
$$uV-U+LV=(x-h)W_0^2,\qquad uV-U-LV=(x+h)W_1^2,$$
$$uV-U+LV=(x^2-h^2)W_0^2,\qquad uV-U-LV=W_1^2,$$
$$uV-U+LV=(x+h)W_0^2,\qquad uV-U-LV=(x-h)W_1^2.$$

De ces quatre systèmes d'équations nous n'aurons qu'à considérer les deux premiers

$$uV-U+LV=W_0^2,\qquad uV-U-LV=(x^2-h^2)W_1^2,$$
$$uV-U+LV=(x-h)W_0^2,\qquad uV-U-LV=(x+h)W_1^2;$$

car les derniers s'en déduisent par le changement du signe de la quantité L. De plus, comme les fonctions u, V sont respectivement de degrés $n-l$, $l-d$, et que le degré de U ne surpasse pas $n-l-d-1$, on trouve que l'expression

$$uV-U+LV$$

est de degré $n - d$, et, par conséquent, d étant un nombre pair, cette expression sera de degré pair ou impair, selon que le nombre n lui-même est pair ou impair. D'après cela et en observant que des deux systèmes d'équations

$$uV - U + LV = W_0^2, \qquad uV - U - LV = (x^2 - h^2)W_1^2,$$
$$uV - U + LV = (x - h)W_0^2, \qquad uV - U - LV = (x + h)W_1^2,$$

le premier suppose que la fonction

$$uV - U + LV$$

est de degré pair, et le second qu'elle est de degré impair, nous concluons que le premier aura lieu dans le cas de n pair et le second dans le cas de n impair.

Nous allons traiter à part chacun de ces cas.

XIV.

Le nombre n est pair.

§ 46. Dans ce cas on aura ces deux équations:

(19) . . . . . $uV - U + LV = W_0^2, \quad uV - U - LV = (x^2 - h^2)W_1^2,$

qui étant résolues par rapport à U et V donnent

(20) . . . . . $2LV = W_0^2 - (x^2 - h^2)W_1^2,$

(21) . . . . . $2LU = (u - L)W_0^2 - (u + L)(x^2 - h^2)W_1^2.$

Comme les fonctions u, V sont respectivement de degrés $n - l$, $l - d$, et que le degré de U ne surpasse pas $n - l - d - 1$, les équations (19) nous montrent que les fonctions W_0, W_1 sont respectivement de degrés $\frac{n-d}{2}$, $\frac{n-d}{2} - 1$.

D'autre part, l'équation (21), étant mise sous la forme

$$2LU = [W_0\sqrt{u - L} - W_1\sqrt{(u + L)(x^2 - h^2)}][W_0\sqrt{u - L} + W_1\sqrt{(u + L)(x^2 - h^2)}],$$

nous donne

$$\frac{W_0}{W_1} - \sqrt{\frac{(u + L)(x^2 - h^2)}{u - L}} = \frac{2LU}{W_1[W_0(u - L) + W_1\sqrt{(u^2 - L^2)(x^2 - h^2)}]},$$

ce qui prouve que la fraction $\frac{W_0}{W_1}$ est la valeur de $\sqrt{\frac{(u + L)(x^2 - h^2)}{u - L}}$, exacte jusqu'aux termes de même ordre que

$$\frac{2LU}{W_1[W_0(u - L) + W_1\sqrt{(u^2 - L^2)(x^2 - h^2)}]}.$$

Or, comme les fonctions W_0, W_1, u, par ce que nous avons vu plus haut, sont respective-

ment de degrés $\frac{n-d}{2}$, $\frac{n-d}{2}-1$, $n-l$, et que le degré de U ne surpasse pas $n-l-d-1$, on trouve que l'expression

$$\frac{2LU}{W_1[W_0(u-L)+W_1\sqrt{(u^2-L^2)(x^2-h^2)}]}$$

n'est pas de degré plus élevé que $\frac{x^{n-l-d-1}}{x^{\frac{n-d}{2}-1}\cdot x^{\frac{n-d}{2}}\cdot x^{n-l}}=\frac{1}{x^n}$. Donc, la fraction $\frac{W_0}{W_1}$, d'après l'équation dont nous venons de parler, est la valeur de $\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h)}{u-L}}$ exacte au moins jusqu'aux termes de l'ordre $\frac{1}{x^n}$. Mais comme W_1, le dénominateur de la fraction $\frac{W_0}{W_1}$, n'est que de degré $\frac{n-d}{2}-1<\frac{n}{2}$, cela ne peut avoir lieu, à moins qu'elle ne soit l'une des fractions convergentes de l'expression

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}},$$

qu'on trouve par son développement en fraction continue.

De plus, comme le dénominateur de la fraction $\frac{W_0}{W_1}$ est de degré $\frac{n-d}{2}-1$, elle ne peut donner la valeur de $\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}}$, exacte jusqu'aux termes $\frac{1}{x^n}$, à moins que la fraction convergente de $\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}}$, qui vient immédiatement après elle, n'ait pour dénominateur une fonction au moins de degré $\frac{n+d}{2}+1$. D'où l'on voit, d'une part, que $\frac{W_0}{W_1}$, dans la série des fractions convergentes de $\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}}$, est la dernière avec le dénominateur de degré au-dessous de $\frac{n}{2}$, et de l'autre, que parmi ces fractions aucune n'a pour dénominateur une fonction de degré $\frac{n}{2}$. Le premier nous montre que les fonctions W_1 et W_0, et conséquemment la fraction cherchée $\frac{U}{V}$ sont tout-à-fait déterminées par la valeur de L; le second nous servira pour trouver la constante L, et d'après elle on aura facilement la valeur de la fraction $\frac{U}{V}$.

§ 47. Pour y parvenir, supposons que

$$q_0-\cfrac{h^2}{q_1-\cfrac{h^2}{q_2-\ddots}}$$

soit le développement de $\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}}$ en fraction continue, et

$$q_\sigma+\frac{G_\sigma}{x}+\frac{H_\sigma}{x^2}+\ldots\ldots$$

la valeur du quotient complet qu'on trouve en s'arrêtant au dénominateur q_σ. Dans cette supposition on a

$$(22)\ \ldots\ldots \sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}} = q_0 - \cfrac{h^2}{q_1 - \cfrac{h^2}{q_2 - \ddots - \cfrac{h^2}{q_\sigma + \cfrac{G_\sigma}{x} + \cfrac{H_\sigma}{x^2} + \ldots}}}$$

$$(23)\ \ldots\ldots\ldots\ldots q_{\sigma+1} + \frac{G_{\sigma+1}}{x} + \frac{H_{\sigma+1}}{x^2} + \ldots = -\cfrac{h^2 x}{G_\sigma + \cfrac{H_\sigma}{x} + \ldots}.$$

La dernière de ces formules nous montre que les dénominateurs

$$q_1,\ q_2, \ldots\ldots\ldots q_{\frac{n}{2}}$$

sont des fonctions du premier degré, si les quantités

$$G_0,\ G_1, \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-1}$$

restent différentes de zéro. Mais tant que $q_1,\ q_2, \ldots\ldots q_{\frac{n}{2}}$ sont des fonctions de premier degré, le développement de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}}$$

en fraction continue

$$q_0 - \cfrac{h^2}{q_1 - \cfrac{h^2}{q_2 - \ddots}}$$

arrêté au dénominateur $q_{\frac{n}{2}}$, donne évidemment une fraction convergente avec le dénominateur de degré $\frac{n}{2}$. Or, en vertu de l'équation (21), où L désigne la limite des valeurs de $u - \frac{U}{V}$, entre $x = -h$ et $x = +h$, cela ne doit pas avoir lieu, comme nous l'avons vu; donc, pour cette valeur de L, au moins l'une de ces équations:

$$G_0 = 0,\ G_1 = 0, \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-1} = 0$$

aura lieu nécessairement.

§ 48. Supposons maintenant que parmi toutes les valeurs dont L est susceptible dans le cas où cette condition est remplie, celle numériquement la plus petite soit L_0. Comme $-L$ et $+L$ déterminent les limites où, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, reste comprise la différence de la fraction cherchée

$$\frac{U}{V} = \frac{p_d x^{n-l-d-1} + \ldots\ldots + p_{n-l-1} x + n-l}{p_{n-l+d+1} x^{l-d} + \ldots\ldots + p_n x + 1},$$

ou ce qui revient au même (§ 41)

$$\frac{U}{V} = \frac{p' x^{n-l-1} + p'' x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p^{(n-l-1)} x + p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)} x^l + p^{(n-l+2)} x^{l-1} + \ldots\ldots + p^{(n)} x + p^{(n+1)}},$$

et du polynôme

$$u = x^{n-l} + A x^{n-l-1} + B x^{n-l-2} + \ldots\ldots,$$

et que, d'après le sens de notre problème, il s'agit de rendre ces limites les plus proches possible de zéro, il est clair que dans sa solution on aura

$$L = L_0,$$

si toutefois il est possible d'obtenir une fraction

$$\frac{U}{V} = \frac{p'x^{n-l-1} + p''x^{n-l-2} + \ldots + p^{(n-l-1)}x + p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l + p^{(n-l+2)}x^{l-1} + \ldots + p^{(n)}x + p^{(n+1)}}$$

dont la différence avec u, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, reste comprise entre les limites aussi rapprochées que $-L_0$ et $+L_0$.

Nous allons montrer maintenant que cela est possible et qu'on trouve une telle fraction d'après nos formules (20), (21), en prenant

$$L = L_0, \quad W_0 = MW_1 - N,$$

où $\frac{M}{N}$ est la fraction convergente de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}} = q_0 - \frac{h^2}{q_1 - \frac{h^2}{q_2 - \ldots}}$$

qui correspond au dénominateur q_σ, la première des équations

$$G_0 = 0, \quad G_1 = 0, \ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-1} = 0,$$

qui a lieu, dans le cas de $L = L_0$, étant

$$G_\sigma = 0.$$

§ 49. Pour y parvenir, remarquons, en premier lieu, que pour ces valeurs de L_0, W_0, W_1 les équations (20), (21) deviennent

$$2L_0V = M^2 - (x^2-h^2)N^2,$$

$$2L_0U = (u-L_0)M^2 - (u+L_0)(x^2-h^2)N^2;$$

d'où résulte cette valeur de la fraction $\frac{U}{V}$:

$$(24). \quad \frac{U}{V} = \frac{(u-L_0)M^2 - (u+L_0)(x^2-h^2)N^2}{M^2-(x^2-h^2)N^2}.$$

D'autre part, comme

$$G_\sigma = 0$$

est la première des équations

$$G_0 = 0, \quad G_1 = 0, \ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-1} = 0,$$

qui a lieu dans le cas de $L = L_0$, on voit d'après (22) que pour cette valeur de L les fonctions

$$q_1,\ q_2, \ldots\ldots\ldots q_\sigma$$

sont du premier degré, et $q_{\sigma+1}$ de degré plus élevé. D'où il suit qu'en s'arrêtant dans le développement de

$$\sqrt{\frac{(u+L_0)(x^2-h^2)}{u-L_0}}$$

en fraction continue

$$q_0 - \frac{h^2}{q_1 - \dfrac{h^2}{q_2 - \ldots\ldots}}$$

au dénominateur q_σ, on trouve une fraction convergente dont les termes sont respectivement de degrés $\sigma+1$, σ, et dont la valeur ne diffère de

$$\sqrt{\frac{(u+L_0)(x^2-h^2)}{u-L_0}}$$

que par des termes de degrés inférieurs à celui de $\frac{1}{x^{2\sigma+1}}$. Donc, comme $\frac{M}{N}$ est la fraction convergente de $\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u+L}}$, qui correspond au dénominateur q_σ, les fonctions M, N sont respectivement de degrés $\sigma+1$, σ, et la différence

$$\frac{M}{N} - \sqrt{\frac{(u+L_0)(x^2-h^2)}{u-L_0}}$$

est une fonction de degré inférieur à $-(2\sigma+1)$.

En vertu de ce que nous venons de montrer sur les fonctions

$$M,\ N,\ \frac{M}{N} - \sqrt{\frac{(u+L_0)(x^2-h^2)}{u-L_0}},$$

il est facile de voir que la fraction

$$\frac{U}{V},$$

déterminée par la formule (24), se réduit à la forme

$$\frac{p'x^{n-l-1} + p''x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p^{(n-l-1)}x + p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l + p^{(n-l+2)}x^{l-1} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n)}x + p^{(n+1)}}.$$

En effet, son numérateur

$$(u - L_0)M^2 - (u + L_0)(x^2 - h^2)N^2$$

peut être mis sous la forme

$$(u - L_0)N^2\left[\frac{M}{N} + \sqrt{\frac{(u+L_0)(x^2-h^2)}{u-L_0}}\right]\left[\frac{M}{N} - \sqrt{\frac{(u+L_0)(x^2-h^2)}{u-L_0}}\right],$$

et comme les fonctions

$$u,\ M,\ N,\ \sqrt{\frac{(u+L_0)(x^2-h^2)}{u-L_0}}$$

sont respectivement de degrés

$$n-l,\ \sigma+1,\ \sigma,\ 1,$$

et que le degré de la différence

$$\frac{M}{N}-\sqrt{\frac{(u+L_0)(x^2-h^2)}{u-L_0}}$$

est plus petit que $-(2\sigma+1)$, on trouve pour cette expression un degré inférieur à $n-l$, et, par conséquent, elle sera de la forme

$$p'x^{n-l-1}+p''x^{n-l-2}+\ldots\ldots+p^{(n-l-1)}x+p^{(n-l)}.$$

En passant à son dénominateur

$$M^2-(x^2-h^2)N^2,$$

remarquons qu'il peut être mis sous la forme

$$\frac{(u-L_0)M^2-(u+L_0)(x^2-h^2)N^2}{u}+L_0\,\frac{M^2+(x^2-h^2)N^2}{u},$$

et comme les fonctions

$$M,\ N,\ u$$

sont respectivement de degrés

$$\sigma+1,\ \sigma,\ n-l,$$

et que

$$(u-L_0)M^2-(u+L_0)(x^2-h^2)N^2,$$

en vertu de ce que nous venons de voir, est d'un degré plus petit que $n-l$, on trouve que le degré de cette expression est égal à $2\sigma+2-(n-l)$. Mais σ étant l'un des nombres

$$0,\ 1,\ 2,\ldots\ldots\ldots\frac{n}{2}-1,$$

le nombre $2\sigma+2-(n-l)$ ne peut surpasser l. D'où il suit que la fonction

$$M^2-(x^2-h^2)N^2$$

est de la forme

$$p^{(n-l+1)}x^l+p^{(n-l+2)}x^{l-1}+\ldots\ldots+p^{(n)}x+p^{(n+1)}.$$

Ainsi nous parvenons à nous assurer, que la fraction $\frac{U}{V}$ qu'on trouve d'après (24) est de la forme

$$\frac{p'x^{n-l-1}+p''x^{n-l-2}+\ldots\ldots+p^{(n-l-1)}x+p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l+p^{(n-l+2}x^{l-1}+\ldots\ldots\ldots+p^{(n)}x+p^{(n+1)}}.$$

Il nous reste à montrer que sa différence avec u, entre $x=-h$ et $x=+h$, est comprise dans les limites $-L_0$ et $+L_0$. Pour y parvenir, nous remarquerons que d'après (24) on a

$$\left(u - \frac{U}{V}\right)^2 - L_0^2 = \frac{4L_0^2M^2N^2}{[M^2 - N^2(x^2-h^2)]^2}(x^2 - h^2),$$

et comme M, N sont des fonctions réelles, et, que partant l'expression

$$\frac{4L_0^2M^2N^2}{[M^2-(x^2-h^2)N^2]^2}$$

ne peut devenir négative, cette équation montre que, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, la fonction

$$\left(u - \frac{U}{V}\right)^2$$

ne surpasse pas L_0^2, ce qui prouve que la différence

$$u - \frac{U}{V},$$

depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, reste comprise dans les limites $-L_0$ et $+L_0$.

§ 50. Ainsi nous nous assurons que la fraction $\frac{U}{V}$ qu'on trouve d'après (24) est de la forme

$$\frac{p'x^{n-l-1} + p''x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p^{(n-l-1)}x + p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l + p^{(n-l+2)}x^{l-1} + \ldots\ldots + p^{(n)}x + p^{(n+1)}},$$

et que sa différence avec u, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, reste comprise dans les limites $-L_0$ et $+L_0$. D'où il suit, en vertu du § 48, que

$$L = L_0$$

est effectivement la valeur de L qui répond à notre problème, et, par conséquent, qui détermine les limites des valeurs de $u - \frac{U}{V}$ les plus proches de zéro.

En remarquant que $-L_0$ et $+L_0$ sont les limites de la différence

$$u - \frac{U}{V},$$

entre $x = -h$ et $x = +h$, les plus proches de zéro, on voit, d'après ce que nous venons de montrer par rapport à la fraction $\frac{U}{V}$, déterminée par (24), qu'elle donne la solution de notre problème, où il s'agit de trouver la fraction $\frac{U}{V}$ de la forme

$$\frac{p'x^{n-l-1} + p''x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p^{(n-l-1)}x + p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l + p^{(n-l+2)}x^{l-1} + \ldots\ldots + p^{(n)}x + p^{(n+1)}},$$

qui, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, s'écarte le moins de u.

De plus, on reconnaît aisément que c'est la seule solution possible de notre problème (sauf le cas, où l'on obtient pour L_0 deux valeurs de signes contraires, dont chacune d'après (24) peut donner la solution); car, en vertu de ce que nous avons montré (§ 46) sur l'équation (21), les fonctions W_0 et W_1, et par conséquent la fraction $\frac{U}{V}$, sont complétement déterminées par la valeur de L.

Ainsi on ne trouvera la quantité $L = L_0$ et la fraction cherchée $\frac{U}{V}$ qu'à l'aide du développement de l'expression

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}}$$

en fraction continue

$$q_0 - \frac{h^2}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots\cdots$$

prolongée jusqu'au dénominateur $q_{\frac{n}{2}}$, ce qui demande des calculs très longs. Nous allons montrer maintenant comment on peut simplifier la détermination de L_0 et de $\frac{U}{V}$.

XV.

§ 51. Comme la fonction u est de degré $n-l$, l'expression

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}},$$

ne diffère évidemment de

$$\sqrt{x^2-h^2}$$

que par les termes de l'ordre $\frac{1}{x^{n-l-1}}$ ou moins élevés. D'où il suit qu'on trouvera la même formule par le développement des expressions

$$\sqrt{x^2-h^2}, \quad \sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}},$$

en fraction continue, si l'on ne pousse pas ce développement au-delà de la limite, pour laquelle les fractions continues donnent leurs valeurs exactes jusqu'aux termes de l'ordre $\frac{1}{x^{n-l-1}}$. D'après cela et en remarquant que $\sqrt{x^2-h^2}$ (§ 22) se développe en fraction continue

$$x - \frac{h^2}{2x -} \frac{h^2}{2x -} \cdots\cdots$$

qui ne donne pas la valeur de $\sqrt{x^2-h^2}$ exacte jusqu'à $\frac{1}{x^{n-l-1}}$, si le nombre de ses dénominateurs ne surpasse pas

$$\frac{n-l-2}{2} = \frac{n}{2} - \frac{l+2}{2},$$

nous concluons que dans le développement de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}} = q_0 - \frac{h^2}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots$$

on trouvera

$$q_0 = x,\ q_1 = 2x,\ q_2 = 2x, \ldots\ldots q_{\frac{n}{2}-k} = 2x,$$

où k est le plus grand nombre entier compris dans la valeur de $\frac{l+3}{2}$.

D'où il suit que les $(\frac{n}{2}-k+1)$ fractions convergentes de $\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}}$ sont égales à celles de $\sqrt{x^2-h^2}$ que nous avons dénotées (§ 22) par

$$\frac{P_1}{Q_1},\ \frac{P_2}{Q_2},\ \frac{P_3}{Q_3}, \ldots\ldots\ldots,$$

et dont les termes, comme nous l'avons vu, se déterminent ainsi:

$$(25)\ldots\ldots\ldots\ldots \begin{cases} P_\lambda = \frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^\lambda + (x-\sqrt{x^2-h^2})^\lambda}{2}, \\ Q_\lambda = \frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^\lambda - (x-\sqrt{x^2-h^2})^\lambda}{2\sqrt{x^2-h^2}}. \end{cases}$$

§ 52. D'après cela il est facile de trouver une certaine fonction qui, par son développement, donne la partie de la fraction continue

$$q_0 - \frac{h^2}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \ldots\ldots$$

qui suit après le dénominateur $q_{\frac{n}{2}-k}$.

En effet, les fractions convergentes de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}} = q_0 - \frac{h^2}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \ldots\ldots$$

qui correspondent aux dénominateurs $q_{\frac{n}{2}-k-1}$, $q_{\frac{n}{2}-k}$ étant

$$\frac{P_{\frac{n}{2}-k}}{Q_{\frac{n}{2}-k}},\ \frac{P_{\frac{n}{2}-k+1}}{Q_{\frac{n}{2}-k+1}},$$

nous trouvons

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}} = q_0 - \frac{h^2}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \ldots - \frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k} - Z} = \frac{P_{\frac{n}{2}-k+1} - ZP_{\frac{n}{2}-k}}{Q_{\frac{n}{2}-k+1} - ZQ_{\frac{n}{2}-k}},$$

en dénotant par Z la valeur de la fraction continue

$$\frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+1} -} \frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+2} -} \frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+3} -} \ldots\ldots$$

et par là

$$Z = \frac{\sqrt{(u+L)(x^2-h^2)}Q_{\frac{n}{2}-k+1} - \sqrt{u-L}\,P_{\frac{n}{2}-k+1}}{\sqrt{(u+L)(x^2-h^2)}Q_{\frac{n}{2}-k} - \sqrt{u-L}\,P_{\frac{n}{2}-k}}.$$

En substituant ici les valeurs de

$$P_{\frac{n}{2}-k},\quad P_{\frac{n}{2}-k+1},\quad Q_{\frac{n}{2}-k},\quad Q_{\frac{n}{2}-k+1},$$

tirées des formules (25) que nous venons de mentionner, on a

$$Z = \frac{[(x+\sqrt{x^2-h^2})^{\frac{n}{2}-k+1} - (x-\sqrt{x^2-h^2})^{\frac{n}{2}-k+1}]\sqrt{u+L} - [(x+\sqrt{x^2-h^2})^{\frac{n}{2}-k+1} + (x+\sqrt{x^2-h^2})^{\frac{n}{2}-k+1}]\sqrt{u-L}}{[(x+\sqrt{x^2-h^2})^{\frac{n}{2}-k} - (x-\sqrt{x^2-h^2})^{\frac{n}{2}-k}]\sqrt{u+L} - [(x+\sqrt{x^2-h^2})^{\frac{n}{2}-k} + (x+\sqrt{x^2-h^2})^{\frac{n}{2}-k}]\sqrt{u-L}},$$

et comme

$$(x+\sqrt{x^2-h^2})(x-\sqrt{x^2-h^2}) = h^2,$$

$$x-\sqrt{x^2-h^2} = \frac{h^2}{x+\sqrt{x^2-h^2}},$$

cette valeur de Z se réduit à celle-ci:

$$Z = \frac{1}{x+\sqrt{x^2-h^2}}\,\frac{[(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2} - h^{n-2k+2}]\sqrt{u+L} - [(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2} + h^{n-2k+2}]\sqrt{u-L}}{[(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k} - h^{n-2k}]\sqrt{u+L} - [(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k} + h^{n-2k}]\sqrt{u-L}}.$$

En multipliant dans cette expression de Z le numérateur et le dénominateur par

$$\sqrt{u+L} + \sqrt{u-L},$$

nous trouvons en définitive

$$Z = \frac{1}{x+\sqrt{x^2-h^2}}\,\frac{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2} - h^{n-2k+2}(u+\sqrt{u^2-L^2})}{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k} - h^{n-2k}(u+\sqrt{u^2-L^2})}.$$

Ainsi nous trouvons la fonction Z qui, par son développement, détermine la partie de la fraction continue

$$q_0 - \frac{h^2}{q_1 - \frac{h^2}{q_2 - \ldots\ldots},}$$

qui suit après le dénominateur $q_{\frac{n}{2}-k}$, et par là les valeurs de

$$G_{\frac{n}{2}-k},\ G_{\frac{n}{2}-k+1},\ldots\ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-1},$$

qui désignent les coefficients de $\frac{1}{x}$ dans les quotients complets de la fraction continue

$$q_0 - \frac{h^2}{q_1 - \frac{h^2}{q_2 - \ldots\ldots}}$$

arrêtée aux dénominateurs

$$q_{\frac{n}{2}-k},\ q_{\frac{n}{2}-k+1},\ \ldots\ldots\ldots q_{\frac{n}{2}-1},$$

D'après cela on a

$$(26)\ \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-k}=g_1,\ G_{\frac{n}{2}-k+1}=g_2,\ \ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-1}=g_k,$$

en dénotant par

$$g_1,\ g_2,\ \ldots\ldots g_k$$

les coefficients de $\frac{1}{x}$ dans les k premiers quotients complets du développement de Z en fraction continue

$$\frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+1}-}\ \frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+2}-}\ \frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+3}-}\ \ldots\ldots$$

Quant aux valeurs de

$$G_0,\ G_1,\ \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-k+1},$$

en remarquant que les dénominateurs

$$q_1,\ q_2,\ \ldots\ldots\ldots q_{\frac{n}{2}-k}$$

dans la fraction continue

$$q_0-\frac{h^2}{q_1-}\ \frac{h^2}{q_2-}\ \ldots\ldots$$

comme nous l'avons vu (§ 51), sont égaux à $2x$, nous trouvons

$$(27)\ \ldots\ldots\ldots G_0=-\frac{h^2}{2},\ \ G_1=-\frac{h^2}{2},\ \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-k-1}=-\frac{h^2}{2}.$$

§ 53. Au moyen de ce que nous avons vu par rapport au développement de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}}$$

en fraction continue

$$q_0-\frac{h^2}{q_1-}\ \frac{h^2}{q_2-}\ \ldots\ldots,$$

la détermination de la constante L_0 et de la fraction cherchée $\frac{U}{V}$ se simplifie notablement, comme nous allons le montrer.

D'après le § 48, on trouvera la valeur de L_0 en cherchant parmi les racines des équations

$$G_0=0,\ G_1=0,\ \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-1}=0$$

la plus petite numériquement.

Or, comme nous avons trouvé (27)

$$G_0 = -\frac{h^2}{2}, \quad G_1 = -\frac{h^2}{2}, \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-k-1} = -\frac{h^2}{2},$$

il est clair que $L = L_0$ ne peut être qu'une racine des équations

$$G_{\frac{n}{2}-k} = 0, \quad G_{\frac{n}{2}-k+1} = 0, \ldots . G_{\frac{n}{2}-1} = 0,$$

ou, ce qui revient au même d'après (26), de celles-ci:

$$g_1 = 0, \quad g_2 = 0, \ldots\ldots\ldots g_k = 0.$$

Ainsi nous parvenons pour la détermination de L_0 à cette conclusion définitive:

On trouve la valeur de $L = L_0$, en cherchant parmi les racines des équations

$$g_1 = 0, \quad g_2 = 0, \ldots\ldots g_k = 0,$$

celle qui est la plus petite numériquement; où $g_1, g_2, \ldots\ldots g_k$ sont les coefficients de $\frac{1}{x}$ dans les k premiers quotients complets du développement de

$$Z = \frac{1}{x + \sqrt{x^2 - h^2}} \cdot \frac{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2} - h^{n-2k+2}(u+\sqrt{u^2-L^2})}{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k} - h^{n-2k}(u+\sqrt{u^2-L^2})}$$

en fraction continue, et k désigne le plus grand nombre entier que la quantité $\frac{l+3}{2}$ contient.

Nous ne disons rien de la forme de la fraction continue, dans laquelle on développera Z, en cherchant les valeurs de $g_1, g_2, \ldots\ldots g_k$; car il est clair que les quotients complets, aux facteurs constants près, seront les mêmes, qu'on développe Z en fraction continue de la forme

$$\frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+1} -} \frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+2} -} \frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+3} -} \ldots\ldots$$

comme nous l'avons supposé jusqu'à présent, ou dans une de la forme

$$\frac{\alpha'}{q' +} \frac{\alpha''}{q'' +} \frac{\alpha'''}{q''' +} \ldots\ldots$$

où $\alpha', \alpha'', \alpha''', \ldots\ldots$ sont des valeurs constantes quelconques.

Remarquons que la même chose se présente encore pour les termes des fractions convergentes que nous devrons considérer plus tard.

§ 54. En passant à la détermination de la fraction cherchée

$$\frac{U}{V},$$

supposons que

$$g_i = 0$$

soit la première des équations

$$g_1 = 0,\ g_2 = 0, \ldots\ldots\ldots g_k = 0,$$

qu'on vérifie en prenant

$$L = L_0.$$

Comme nous avons trouvé (§ 52) que

$$G_0 = -\frac{h^2}{2},\quad G_1 = -\frac{h^2}{2}, \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-k-1} = -\frac{h^2}{2},$$

$$G_{\frac{n}{2}-k} = g_1,\quad G_{\frac{n}{2}-k+1} = g_2, \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-1} = g_k,$$

il suit que, dans cette supposition, l'équation

$$G_{\frac{n}{2}-k+i-1} = 0$$

sera la première parmi

$$G_0 = 0,\ G_1 = 0, \ldots\ldots\ldots G_{\frac{n}{2}-1} = 0,$$

qui a lieu pour $L = L_0$. D'où nous concluons, en vertu du § 48, que la fraction cherchée sera déterminnée par la formule (24), en prenant

$$\sigma = \tfrac{n}{2} - k + i - 1,$$

ce qui nous donne

$$\frac{U}{V} = \frac{(u - L_0)M^2 - (u + L_0)(x^2 - h^2)N^2}{M^2 - (x^2 - h^2)N^2},$$

où

$$\frac{M}{N} = q_0 - \cfrac{h^2}{q_1 - \cfrac{h^2}{q_2 - \ddots - \cfrac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+i-1}}}}.$$

Mais en dénotant par

$$\frac{M_1}{N_1},\ \frac{M_2}{N_2},\ \frac{M_3}{N_3}, \ldots\ldots\ldots$$

la série des fractions convergentes de

$$Z = \cfrac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+1} - \cfrac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+2} - \cfrac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+3} - \ddots}}},$$

où

$$\frac{M_1}{N_1} = \frac{0}{1},\quad \frac{M_2}{N_2} = \frac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k+1}}, \ldots\ldots\ldots$$

on a

$$\frac{M}{N} = q_0 - \frac{h^2}{q_1 - \dfrac{h^2}{q_2 - \cdots - \dfrac{h^2}{q_{\frac{n}{2}-k} - \dfrac{M_i}{N_i}}}}.$$

D'où, en remarquant (§ 51) que les fractions convergentes de

$$q_0 - \frac{h^2}{q_1 - \dfrac{h^2}{q_2 - \cdots}}$$

qui correspondent aux dénominateurs $q_{\frac{n}{2}-k}$, $q_{\frac{n}{2}-k-1}$ sont

$$\frac{P_{\frac{n}{2}-k+1}}{Q_{\frac{n}{2}-k+1}}, \quad \frac{P_{\frac{n}{2}-k}}{Q_{\frac{n}{2}-k}},$$

nous concluons

$$\frac{M}{N} = \frac{P_{\frac{n}{2}-k+1}N_i - P_{\frac{n}{2}-k}M_i}{Q_{\frac{n}{2}-k+1}N_i - Q_{\frac{n}{2}-k}M_i},$$

et par là l'expression précédente de $\frac{U}{V}$ devient

$$\frac{(u-L_0)(P_{\frac{n}{2}-k+1}N_i - P_{\frac{n}{2}-k}M_i)^2 - (u+L_0)(x^2-h^2)(Q_{\frac{n}{2}-k+1}N_i - Q_{\frac{n}{2}-k}M_i)^2}{(P_{\frac{n}{2}-k+1}N_i - P_{\frac{n}{2}-k}M_i)^2 - (x^2-h^2)(Q_{\frac{n}{2}-k+1}N_i - Q_{\frac{n}{2}-k}M_i)^2};$$

où le numérateur se réduit à

$$\begin{aligned}&\Big[\Big(P^2_{\frac{n}{2}-k+1} - (x^2-h^2)Q^2_{\frac{n}{2}-k+1}\Big)u - \Big(P^2_{\frac{n}{2}-k+1} + Q^2_{\frac{n}{2}-k+1}(x^2-h^2)\Big)L_0\Big]N_i^2\\ &- 2\big[(P_{\frac{n}{2}-k+1}P_{\frac{n}{2}-k} - Q_{\frac{n}{2}-k+1}Q_{\frac{n}{2}-k}(x^2-h^2))u - (P_{\frac{n}{2}-k+1}P_{\frac{n}{2}-k} + Q_{\frac{n}{2}-k+1}Q_{\frac{n}{2}-k}(x^2-h^2))L_0\big]N_iM_i\\ &+ \big[(P^2_{\frac{n}{2}-k} - Q^2_{\frac{n}{2}-k}(x^2-h^2))u - (P^2_{\frac{n}{2}-k} + Q^2_{\frac{n}{2}-k}(x^2-h^2))L_0\big]M_i^2,\end{aligned}$$

et le dénominateur à

$$\begin{aligned}&\Big(P^2_{\frac{n}{2}-k+1} - Q^2_{\frac{n}{2}-k+1}(x^2-h^2)\Big)N_i^2 + \Big(P^2_{\frac{n}{2}-k} - Q^2_{\frac{n}{2}-k}(x^2-h^2)\Big)M_i^2\\ &- 2\Big(P_{\frac{n}{2}-k+1}P_{\frac{n}{2}-k} - Q_{\frac{n}{2}-k+1}Q_{\frac{n}{2}-k}(x^2-h^2)\Big)N_iM_i.\end{aligned}$$

Mais comme d'après (25) on trouve

$$\begin{aligned}P_\lambda^2 - Q_\lambda^2(x^2-h^2) &= h^{2\lambda},\\ P_\lambda^2 + Q_\lambda^2(x^2-h^2) &= \frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{2\lambda} + (x-\sqrt{x^2-h^2})^{2\lambda}}{2},\\ P_\lambda P_{\lambda-1} + Q_\lambda Q_{\lambda-1}(x^2-h^2) &= \frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{2\lambda-1} + (x-\sqrt{x^2-h^2})^{2\lambda-1}}{2},\\ P_\lambda P_{\lambda-1} - Q_\lambda Q_{\lambda-1}(x^2-h^2) &= h^{2\lambda-2}x,\end{aligned}$$

ces valeurs de U et V deviennent

$$U = \left[h^{n-2k+2}u - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2}}{2}\right]N_i^2$$
$$-2\left[h^{n-2k}xu - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+1}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+1}}{2}\right]N_iM_i$$
$$+\left[h^{n-2k}u - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k}}{2}\right]M_i^2,$$
$$V = h^{n-2k}[h^2N_i^2 - 2xN_iM_i + M_i^2].$$

Ainsi nous parvenons pour la détermination de la fraction cherchée $\frac{U}{V}$ à cette conclusion définitive:

Si $g_i = 0$ est la première des équations

$$g_1 = 0,\ g_2 = 0, \ldots\ldots g_k = 0$$

qu'on vérifie en prenant $L = L_0$, les termes de la fraction $\frac{U}{V}$, qui parmi toutes les autres de la forme

$$\frac{p'x^{n-l-1}+p''x^{n-l-2}+\ldots\ldots+p^{(n-l-1)}x+p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l+p^{(n-l+2}x^{l-1}+\ldots\ldots+p^{(n)}x+p^{(n+1)}}$$

s'écarte le moins de

$$u = x^{n-l}+Ax^{n-l-1}+Bx^{n-l-2}+\ldots,$$

entre $x = -h$ et $x = +h$, sont données par ces formules:

$$U = \left[h^{n-2k+2}u - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2}}{2}\right]N_i^2$$
$$-2\left[h^{n-2k}xu - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+1}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+1}}{2}\right]N_iM_i$$
$$+\left[h^{n-2k}u - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k}}{2}\right]M_i^2,$$
$$V = h^{n-2k}[h^2N_i^2 - 2xN_iM_i + M_i^2],$$

où M_i, N_i sont les termes de la $i^{ème}$ fraction convergente de

$$\frac{1}{x+\sqrt{x^2-h^2}}\ \frac{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2}-h^{n-2k+2}(u+\sqrt{u^2-L^2})}{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k}-h^{n-2k}(u+\sqrt{u^2-L^2})}$$

qu'on trouve par son développement en fraction continue et parmi lesquelles on compte $\frac{0}{1}$.

XVI.

Le nombre n est impair.

§ 55. La méthode que nous venons de donner pour la détermination de L_0 et de la fraction $\frac{U}{V}$ dans le cas de n pair, peut être facilement appliquée au cas où n est impair, comme nous allons le montrer.

Nous avons vu dans le § 45, que le nombre n étant impair, on a ce système d'équations:

$$(28)\ldots\ldots\ldots\ldots\begin{cases} uV - U + LV = (x-h)W_0^2, \\ uV - U - LV = (x+h)W_1^2, \end{cases}$$

ou, ce qui revient au même,

$$(29)\ldots\ldots\ldots\ldots 2LV = (x-h)W_0^2 - (x+h)W_1^2,$$

$$(30)\ldots\ldots\ldots 2LU = (u-L)(x-h)W_0^2 - (u+L)(x+h)W_1^2.$$

Comme les fonctions u, V sont respectivement de degrés $n-l$, $l-d$, et que le degré de U ne surpasse pas $n-l-d-1$ (§ 43), les équations (28) prouvent que les fonctions

$$W_0,\quad W_1$$

sont de degré $\frac{n-d-1}{2}$. Mais d'après l'équation (30) on trouve

$$\frac{W_0}{W_1} - \sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}} = \frac{2LU}{W_1\left[W_0(u-L)(x-h) + W_1\sqrt{(u^2-L^2)(x^2-h^2)}\right]},$$

ce qui nous montre que la fraction

$$\frac{W_0}{W_1}$$

est la valeur de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}}$$

exacte jusqu'aux termes de l'ordre

$$\frac{2LU}{W_1\left[W_0(u-L)(x-h) + W_1\sqrt{(u^2-L^2)(x^2-h^2)}\right]},$$

et par conséquent, en vertu de ce que nous avons vu relativement aux degrés des fonctions W_0, W_1, U, u, exacte jusqu'à $\frac{1}{x^{n+1}}$. Or, comme W_1, le dénominateur de la fraction $\frac{W_0}{W_1}$, n'est que de degré $\frac{n-d-1}{2}$, cela ne peut avoir lieu, à moins que $\frac{W_0}{W_1}$ ne soit l'une des fractions convergentes de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}},$$

et que la fraction convergente qui suit celle égale à $\frac{W_0}{W_1}$ n'est pour dénominateur une fonction de degré $\frac{n+d+3}{2}$. D'où l'on voit que parmi les fractions convergentes de l'expression

$$\sqrt{\frac{(u+L)(u+h)}{(u-L)(u-h)}}$$

aucune n'aura pour dénominateur une fonction de degré $\frac{n+1}{2}$.

§ 56. D'après cela, en répétant sur le développement de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}}$$

en fraction continue

$$q_0 + \frac{2h}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots,$$

ce que nous avons fait dans les paragraphes 47, 48, 49 avec le développement de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x^2-h^2)}{u-L}}$$

en fraction continue

$$q_0 - \frac{h^2}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots\cdots$$

on reconnaît aisément que la valeur L doit vérifier au moins l'une de ces équations:

$$G_0 = 0,\ G_1 = 0, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}} = 0,$$

où $G_0, G_1, \ldots G_{\frac{n-1}{2}}$ sont les coefficients de $\frac{1}{x}$ dans les $\frac{n+1}{2}$ premiers quotients complets de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}} = q_0 + \frac{2h}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots\cdots$$

D'autre part, si l'équation

$$G_\sigma = 0$$

est la première parmi

$$G_0 = 0,\ G_1 = 0, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}} = 0,$$

qui a lieu pour $L = L_0$, et qu'on fasse

$$\frac{M}{N} = q_0 + \frac{2h}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots - \frac{h^2}{q_\sigma},$$

$$(31) \quad \frac{U}{V} = \frac{(u-L_0)(x-h)M^2 - (u+L_0)(x+h)N^2}{(x-h)M^2 - (x+h)N^2},$$

en traitant cette valeur de $\frac{U}{V}$ de la même manière que celle donnée par la formule (24), on trouve qu'elle est de la forme

$$\frac{p'x^{n-l-1} + p''x^{n-l-2} + \ldots\ldots + p^{(n-l-1)}x + p^{(n-l)}}{p^{(n-l+1)}x^l + p^{(n-l+2)}x^{l-1} + \ldots\ldots + p^{(n)}x + p^{(n+1)}}$$

et que sa différence avec u, depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, reste comprise dans les limites $-L_0$ et $+L_0$.

D'après cela, comme dans le cas de n pair (§ 50), on conclut que la valeur cherchée de L est numériquement la plus petite parmi celles qui vérifient au moins l'une des équations

$$G_0 = 0,\ G_1 = 0, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}} = 0,$$

et que cette valeur étant $L = L_0$, et

$$G_\sigma = 0$$

la première des équations

$$G_0 = 0,\ G_1 = 0, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}} = 0,$$

qu'elle vérifie, la fraction cherchée $\frac{U}{V}$ se détermine par la formule (31), en prenant pour $\frac{M}{N}$ celle des fractions convergentes de

$$\sqrt{\frac{(u+L_0)(x+h)}{(u-L_0)(x-h)}} = q_0 + \frac{2h}{q_1 - \frac{h^2}{q_2 - \ldots\ldots}}$$

qui correspond au dénominateur q_σ.

Ainsi dans le cas n impair on parvient à déterminer la valeur de la constante L et de la fraction cherchée $\frac{U}{V}$.

XVII.

§ 57. Nous chercherons maintenant à simplifier la détermination de L et de $\frac{U}{V}$ dans le cas de n impair, comme nous l'avons fait (section XV) pour le cas de n pair, et on verra qu'en définitive la détermination de L et de $\frac{U}{V}$ dans ce cas ne diffère point de ce qne nous avons trouvé pour le cas de n pair.

La fonction u étant de degré $n - l$, les expressions

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}},\quad \sqrt{\frac{x+h}{x-h}}$$

ne diffèrent entre elles que par les termes de l'ordre $\frac{1}{x^{n-l}}$ et moins élevés. D'où il suit que pour les développements de $\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}}$ et $\sqrt{\frac{x+h}{x-h}}$ on trouvera la même fraction continue, si l'on ne pousse leurs développements au-delà de la limite, pour laquelle elles s'expriment par les fractions continues avec l'exactitude jusqu'à $\frac{1}{x^{n-l}}$. Or puisque l'on trouve

$$\sqrt{\frac{x+h}{x-h}} = 1 + \frac{2h}{2x - h - \frac{h^2}{2x - \frac{h^2}{2x - \ldots\ldots}}}$$

et que cette fraction continue ne donne pas la valeur de $\sqrt{\frac{x+h}{x-h}}$ exacte jusqu'à $\frac{1}{x^{n-l}}$, si l'on

conserve $\frac{n+1}{2} - k$ de ses dénominateurs, k étant la partie entière de $\frac{l+3}{2}$, il est clair que dans le développement

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}} = q_0 + \frac{2h}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots\cdots$$

on aura

$$(32) \ldots\ldots q_0 = 1,\ q_1 = 2x - h,\ q_2 = 2x, \ldots\ldots q_{\frac{n+1}{2}-k} = 2x.$$

D'où nous concluons que les fractions convergentes de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}} = q_0 + \frac{2h}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots\cdots$$

qui correspondent aux dénominateurs

$$q_{\frac{n+1}{2}-k},\quad q_{\frac{n+1}{2}-k-1}$$

seront

$$\frac{P^{\left(\frac{n+1}{2}-k\right)}}{Q^{\left(\frac{n+1}{2}-k\right)}},\quad \frac{P^{\left(\frac{n-1}{2}-k\right)}}{Q^{\left(\frac{n-1}{2}-k\right)}},$$

si l'on dénote par

$$\frac{P^{(0)}}{Q^{(0)}},\ \frac{P^{(1)}}{Q^{(1)}},\ \frac{P^{(2)}}{Q^{(2)}}, \cdots\cdots\cdots$$

la série des fractions convergentes de

$$\sqrt{\frac{x+h}{x-h}} = q_0 + \frac{2h}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots\cdots$$

et pour la détermination desquelles on trouve aisément ces formules:

$$(33) \ldots\ldots \begin{cases} P^{(\lambda)} = \dfrac{\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}} + \sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{2\lambda+1} + \left(\sqrt{\frac{x-h}{2}} - \sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{2\lambda+1}}{2\sqrt{\frac{x-h}{2}}}, \\ Q^{(\lambda)} = \dfrac{\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}} + \sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{2\lambda+1} - \left(\sqrt{\frac{x-h}{2}} - \sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{2\lambda+1}}{2\sqrt{\frac{x+h}{2}}}\ ^{*}). \end{cases}$$

*) On vérifie facilement ces expressions de $P^{(\lambda)}$, $Q^{(\lambda)}$, en remarquant qu'elles donnent des valeurs exactes dans le cas de $\lambda = 0$, $\lambda = 1$, et qu'elles vérifient les équations $P^{(\lambda)} = 2x P^{(\lambda-1)} - h^2 P^{(\lambda-2)}$, $Q^{(\lambda)} = 2x Q^{(\lambda-1)} - h^2 Q^{(\lambda-2)}$, suivant la forme de la fraction continue $1 + \frac{2h}{2x-h-} \frac{h^2}{2x-} \frac{h^2}{2x-} \cdots$

§ 58. Suivant ce que nous avons montré sur les fractions convergentes de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}}$$

qui correspondent aux dénominateurs

$$q_{\frac{n+1}{2}-k}, \qquad q_{\frac{n+1}{2}-k-1},$$

et en faisant

$$Z = \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k+1} - \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k+2} - \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k+3} - \cdots\cdots}}}$$

nous trouvons cette expression de $\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}}$:

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}} = q_0 + \frac{2h}{q_1 - \frac{h^2}{q_2 - \cdots - \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k} - Z}}}} = \frac{P^{(\frac{n+1}{2}-k)} - ZP^{(\frac{n-1}{2}-k)}}{Q^{(\frac{n+1}{2}-k)} - ZQ^{(\frac{n-1}{2}-k)}}.$$

D'où résulte cette valeur de Z:

$$Z = \frac{Q^{(\frac{n+1}{2}-k)}\sqrt{(u+L)(x+h)} - P^{(\frac{n+1}{2}-k)}\sqrt{(u-L)(x-h)}}{Q^{(\frac{n-1}{2}-k)}\sqrt{(u+L)(x+h)} - P^{(\frac{n-1}{2}-k)}\sqrt{(u-L)(x-h)}},$$

qui, d'après la substitution des valeurs de

$$P^{(\frac{n+1}{2}-k)}, \quad P^{(\frac{n-1}{2}-k)}, \quad Q^{(\frac{n+1}{2}-k)}, \quad Q^{(\frac{n-1}{2}-k)},$$

en vertu des formules (33), devient

$$\frac{\sqrt{u+L}\left[\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}+\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{n-2k+2} - \left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}-\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{n-2k+2}\right] - \sqrt{u-L}\left[\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}+\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{n-2k+2} + \left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}-\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{n-2k+2}\right]}{\sqrt{u+L}\left[\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}+\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{n-2k} - \left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}-\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{n-2k}\right] - \sqrt{u-L}\left[\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}+\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{n-2k} + \left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}-\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{n-2k}\right]}.$$

En remarquant que n est un nombre impair et que

$$\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}+\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{\lambda}\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}-\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{\lambda} = (-h)^{\lambda},$$

on reconnaît aisément que cette valeur de Z peut être représentée ainsi:

$$\frac{1}{x+\sqrt{x^2-h^2}} \cdot \frac{\sqrt{u+L}\left[\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}+\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{2n-4k+4} + h^{n-2k+2}\right] - \sqrt{u-L}\left[\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}+\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{2n-4k+4} - h^{n-2k+2}\right]}{\sqrt{u+L}\left[\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}+\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{2n-4k} + h^{n-2k}\right] - \sqrt{u-L}\left[\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}}+\sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^{2n-4k} - h^{n-2k}\right]},$$

et comme

$$\left(\sqrt{\frac{x-h}{2}} + \sqrt{\frac{x+h}{2}}\right)^2 = x + \sqrt{x^2-h^2},$$

cette expression de Z se réduit à

$$\frac{1}{x+\sqrt{x^2-h^2}} \cdot \frac{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2} + h^{n-2k+2}(u+\sqrt{u^2-L^2})}{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k} + h^{n-2k}(u+\sqrt{u^2-L^2})},$$

ce qui est identique, au signe de L près, avec la valeur de Z dans le cas de n pair (§ 53).

§ 59. En dénotant par

$$g_1,\ g_2,\ g_3, \ldots\ldots$$

les coefficients de $\frac{1}{x}$ dans les quotients complets de

$$Z = \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k+1} - \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k+2} - \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k+3} - \ldots\ldots}}}$$

nous trouvons qu'on aura

$$G_{\frac{n+1}{2}-k} = g_1,\ G_{\frac{n+1}{2}-k+1} = g_2, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}} = g_k,$$

où

$$G_{\frac{n+1}{2}-k},\ G_{\frac{n+1}{2}-k+1}, \ldots\ldots G_{\frac{n+1}{2}},$$

suivant la notation admise dans le § 56, désignent les coefficients de $\frac{1}{x}$ dans les quotients complets de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}} = q_0 + \frac{2h}{q_1 - \frac{h^2}{q_2 - \ldots\ldots}}$$

quand on s'arrête aux dénominateurs $q_{\frac{n+1}{2}-k},\ q_{\frac{n+1}{2}-k+1}, \ldots\ldots q_{\frac{n-1}{2}}$.

De plus, en vertu des valeurs de

$$q_0,\ q_1,\ q_2, \ldots\ldots q_{\frac{n+1}{2}-k},$$

trouvées plus haut (§ 57), on reconnaît aisément que $G_0, G_1, G_2, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}-k}$, les coefficients de $\frac{1}{x}$ dans les $\left(\frac{n+1}{2}-k\right)^{\text{ers}}$ premiers quotients complets de

$$\sqrt{\frac{(u+L)(x+h)}{(u-L)(x-h)}} = q_0 + \frac{2h}{q_1 - \frac{h^2}{q_2 - \ldots\ldots}}$$

ont ces valeurs :

$$G_0 = h,\ G_1 = -\frac{h^2}{2},\ G_1 = -\frac{h^2}{2}, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}-k} = -\frac{h^2}{2}.$$

D'après cela il est clair que parmi les équations

$$G_0 = 0,\ G_1 = 0,\ G_2 = 0,\ G_{\frac{n-1}{2}} = 0,$$

qui d'après le § 56 déterminent $L = L_0$, les $\left(\frac{n+1}{2} - k\right)$ premières ne peuvent être satisfaites, et les dernières se réduisent à

$$g_1 = 0,\ g_2 = 0, \ldots\ldots g_k = 0,$$

comme dans le cas de n pair, seulement L, en vertu de ce que nous avons vu sur l'expression de Z, sera remplacée par $-L$.

§ 60. En passant à la détermination de la fraction cherchée $\frac{U}{V}$, supposons que

$$g_i = 0$$

soit la première des équations

$$g_1 = 0,\ g_2 = 0, \ldots\ldots\ldots g_k = 0,$$

qu'on vérifie par $L = L_0$. Les quantités

$$G_0,\ G_1,\ G_2, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}-k},$$

en vertu de ce que nous venons de voir, ne pouvant s'annuler, et puisque

$$G_{\frac{n+1}{2}-k} = g_1,\ G_{\frac{n+1}{2}-k+1} = g_2, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}} = g_k,$$

dans cette hypothèse, l'équation

$$G_{\frac{n+1}{2}-k+i-1} = 0$$

sera la première parmi

$$G_0 = 0,\ G_1 = 0,\ G_2 = 0, \ldots\ldots G_{\frac{n-1}{2}} = 0,$$

qui aura lieu pour $L = L_0$. Mais dans ce cas, en prenant

$$\sigma = \frac{n+1}{2} - k + i - 1 = \frac{n-1}{2} - k + i,$$

nous trouvons d'après (31) que la fraction cherchée $\frac{U}{V}$ se détermine ainsi :

$$\frac{U}{V} = \frac{(u - L_0)(x-h)M^2 - (u + L_0)(x+h)N^2}{(x-h)M^2 - (x+h)N^2},$$

où

$$\frac{M}{N} = q_0 + \frac{2h}{q_1 - \frac{h^2}{q_2 - \ddots - \frac{h^2}{q_{\frac{n-1}{2}-k+i}}}}.$$

D'autre part, comme les fractions convergentes de

$$q_0 + \frac{2h}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots\cdots$$

qui correspondent aux dénominateurs

$$q_{\frac{n+1}{2}-k}, \quad q_{\frac{n+1}{2}-k-1}$$

sont

$$\frac{P^{(\frac{n+1}{2}-k)}}{Q^{(\frac{n+1}{2}-k)}}, \quad \frac{P^{(\frac{n-1}{2}-k)}}{Q^{(\frac{n-1}{2}-k)}},$$

et que la valeur précédente de $\frac{M}{N}$ peut être mise sous la forme

$$\frac{M}{N} = q_0 + \frac{2h}{q_1 -} \frac{h^2}{q_2 -} \cdots - \frac{1}{q_{\frac{n+1}{2}-k} -} \frac{M_i}{N_i}$$

en désignant par $\frac{M_i}{N_i}$ la $i^{\text{ème}}$ fraction convergente de

$$Z = \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k+1} -} \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k+2} -} \frac{h^2}{q_{\frac{n+1}{2}-k+3} -} \cdots\cdots$$

nous concluons qu'on aura

$$M = P^{(\frac{n+1}{2}-k)} N_i - P^{(\frac{n-1}{2}-k)} M_i,$$

$$N = Q^{(\frac{n+1}{2}-k)} N_i - Q^{(\frac{n-1}{2}-k)} M_i.$$

Mais en vertu de ces valeurs de M et N l'expression précédente de $\frac{U}{V}$ devient

$$\frac{(u-L_0)(x-h)[P^{(\frac{n+1}{2}-k)}N_i - P^{(\frac{n-1}{2}-k)}M_i]^2 - (u+L_0)(x+h)[Q^{(\frac{n+1}{2}-k)}N_i - Q^{(\frac{n-1}{2}-k)}M_i]^2}{(x-h)[P^{(\frac{n+1}{2}-k)}N_i - P^{(\frac{n-1}{2}-k)}M_i]^2 - (x+h)[Q^{(\frac{n+1}{2}-k)}N_i - Q^{(\frac{n-1}{2}-k)}M_i]^2}.$$

D'où, par la substitution des valeurs de

$$P^{(\frac{n+1}{2}-k)}, \quad P^{(\frac{n-1}{2}-k)}, \quad Q^{(\frac{n+1}{2}-k)}, \quad Q^{(\frac{n-1}{2}-k)}$$

d'après (33), on obtient les mêmes expressions de U et V, que dans le cas de n pair (§ 54), et dans lesquelles, conformément à ce que nous avons vu (§ 59) sur les équations qui déterminent $L = L_0$, la quantité L_0 se trouve remplacée par $-L_0$.

Ainsi on parvient à reconnaître que les résultats définitifs, obtenus dans la section XV sur la détermination de la quantité L_0 et de la fraction $\frac{U}{V}$ pour le cas de *n pair*, sont applicables aussi au cas de *n impair*.

XVIII.

§ 61. Pour montrer une application de ce que nous avons exposé, supposons qu'il s'agisse de trouver une fraction de la forme

$$\frac{p'x^{n-2}+p''x^{n-2}+\ldots\ldots+p^{(n-2)}x+p^{(n-1)}}{p^{(n)}x+p^{(n+1)}}$$

qui, depuis $x=-h$ jusqu'à $x=+h$, s'écarte le moins possible du polynôme donné

$$x^{n-1}+Ax^{n-2}+Bx^{n-3}+\ldots\ldots.$$

Comme dans ce cas

$$l=1,$$

on trouve que k, qui désigne la partie entière de $\frac{l+3}{2}$, est égal à 2. Pour cette valeur de k, et en prenant

$$u=x^{n-1}+Ax^{n-2}+Bx^{n-3}+\ldots\ldots\ldots,$$

nous trouvons par le développement en séries

$$u+\sqrt{u^2-L^2}=2x^{n-1}+2Ax^{n-2}+\ldots\ldots\ldots,$$

$$(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2}=(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2}=2^{n-2}(x^{n-2}-\frac{n-2}{4}h^2x^{n-4}+\ldots\ldots),$$

$$(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k}=(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-4}=2^{n-4}(x^{n-4}-\frac{n-4}{4}h^2x^{n-6}+\ldots\ldots).$$

En portant ces valeurs de

$$u+\sqrt{u^2-L^2},\quad (x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2},\quad (x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k}$$

dans la formule

$$Z=\frac{1}{x+\sqrt{x^2-h^2}}\,\frac{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k+2}-h^{n-2k+2}(u+\sqrt{u^2-L^2})}{L(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2k}-h^{n-2k}(u+\sqrt{u^2-L^2})},$$

et en faisant

$$k=2,$$

on a

$$Z=\frac{1}{x+\sqrt{x^2-h^2}}\,\frac{2^{n-2}L\left[x^{n-2}-\frac{n-2}{4}h^2x^{n-4}+\ldots\ldots\right]-h^{n-2}\left[2x^{n-1}+2Ax^{n-2}+\ldots\ldots\right]}{2^{n-4}L\left[x^{n-4}-\frac{n-4}{4}h^2x^{n-6}+\ldots\ldots\right]-h^{n-4}\left[2x^{n-1}+2Ax^{n-2}+\ldots\ldots\right]}$$

$$=\frac{h^2x^{n-1}+\left[h^2A-2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L\right]x^{n-2}+\ldots\ldots}{2x^n+2Ax^{n-1}-\frac{h^2}{2}x^{n-2}+\ldots\ldots}.$$

Cette valeur de Z, développée en fraction continue, nous donne

$$Z=\cfrac{h^2}{2x+\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2}L+\cfrac{\frac{1}{2}\left(\frac{2}{h}\right)^{2n-4}L^2-A\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2}L-\frac{h^2}{2}}{x+\ldots\ldots}}$$

D'où résultent ces fractions convergentes de Z:

$$\frac{M_1}{N_1} = \frac{0}{1}, \quad \frac{M_2}{N_2} = \frac{h^2}{2x + \left(\frac{2}{h}\right)^{n-2} L},$$

et en cherchant les valeurs de $g_1, g_2, \ldots$, qui désignent d'après notre notation les coefficients de $\frac{1}{x}$ dans les quotients complets de Z, nous trouvons

$$g_1 = \frac{h^2}{2}, \quad g_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{2}{h}\right)^{2n-4} L^2 - A\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2} L - \frac{h^2}{2}.$$

En passant à la détermination de $L = L_0$, remarquons d'après le § 53, que dans le cas dont il s'agit, le nombre k étant égal à 2, la valeur de $L = L_0$ doit vérifier au moins l'une de ces équations:

$$g_1 = \frac{h^2}{2} = 0, \quad g_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{2}{h}\right)^{2n-4} L^2 - A\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2} L - \frac{h^2}{2} = 0.$$

La première de ces équations est impossible; on n'a qu'à chercher les solutions de la dernière. Or, en résolvant l'équation

$$\frac{1}{2}\left(\frac{2}{h}\right)^{2n-4} L^2 - A\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2} L - \frac{h^2}{2} = 0$$

on trouve ces deux valeurs de L:

$$L = \left(\frac{h}{2}\right)^{n-2}\left(A + \sqrt{A^2 + h^2}\right),$$
$$L = \left(\frac{h}{2}\right)^{n-2}\left(A - \sqrt{A^2 + h^2}\right).$$

De ces valeurs de L celle qui a le radical $\sqrt{A^2 + h^2}$ avec le signe contraire à celui de A sera la plus petite numériquement. Donc, en vertu de ce que nous avons montré dans le § 53 sur la détermination de $L = L_0$, on aura

$$L_0 = \left(\frac{h}{2}\right)^{n-2}\left(A \pm \sqrt{A^2 + h^2}\right),$$

en supposant qu'on prend le radical avec le signe contraire à celui de A.

Puisque cette valeur de L_0 ne vérifie que la seconde des deux équations

$$g_1 = \frac{h^2}{2} = 0,$$
$$g_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{2}{h}\right)^{2n-4} L^2 - \left(\frac{2}{h}\right)^{n-2} L - \frac{h^2}{2} = 0,$$

on prendra

$$i = 2,$$

et parceque

$$\frac{M_2}{N_2},$$

la seconde fraction convergente de Z, est égale à

$$\frac{h^2}{2x+\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2}L},$$

on conclut que

$$M_i = h^2; \quad N_i = 2x+\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2}L.$$

D'où, en vertu de ce que nous avons montré dans le § 54 sur la détermination de $\frac{U}{V}$, et en remarquant que $k=2$, nous parvenons à ces valeurs de U et V:

$$\begin{aligned}
U &= \left[h^{n-2}u - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2}}{2}\right]\left[2x+\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2}L_0\right]^2 \\
&\quad -2\left[h^{n-4}xu - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-3}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-3}}{2}\right]\left[2x+\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2}L_0\right]h^2 \\
&\quad +\left[h^{n-4}u - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-4}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-4}}{2}\right]h^4, \\
V &= h^{n-4}\left[h^2\left(2x+\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2}L_0\right)^2 - 2h^2x\left(2x+\left(\frac{2}{h}\right)^{n-2}L_0\right)+h^4\right] \\
&= 2^{n-1}L_0x+h^n+\frac{2^{2n-4}L_0^2}{h^{n-2}};
\end{aligned}$$

où

$$\begin{aligned}
u &= x^{n-1}+Ax^{n-2}+Bx^{n-3}+\ldots\ldots, \\
L_0 &= \left(\frac{h}{2}\right)^{n-2}\left(A\pm\sqrt{A^2+h^2}\right).
\end{aligned}$$

Tels sont les termes de la fraction

$$\frac{U}{V}=\frac{p'x^{n-2}+p''x^{n-3}+\ldots\ldots+p^{(n-2)}x+p^{(n-1)}}{p^{(n)}x+p^{(n+1)}},$$

qui, parmi toutes les autres de la même forme, depuis $x=-h$ jusqu'à $x=+h$, s'écarte le moins de $u=x^{n-1}+Ax^{n-2}+Bx^{n-3}+\ldots\ldots$

§ 62. La valeur de L_0 montre que pour la fraction $\frac{U}{V}$, ainsi déterminée, les limites des valeurs de la différence

$$u-\frac{U}{V},$$

depuis $x=-h$ jusqu'à $x=+h$, sont

$$-\left(\frac{h}{2}\right)^{n-2}\left(A\pm\sqrt{A^2+h^2}\right), \qquad +\left(\frac{h}{2}\right)^{n-2}\left(A\pm\sqrt{A^2+h^2}\right),$$

en prenant le radical avec le signe contraire à celui de A. Comme ces limites pour toutes les autres fractions $\frac{V}{U}$ de la forme

$$\frac{p'x^{n-2}+p''x^{n-3}+\ldots\ldots+p^{(n-2)}x+p^{(n-1)}}{p^{(n)}x+p^{(n+1)}}$$

sont plus étendues, et que la différence

$$u - \frac{U}{V} = x^{n-1} + Ax^{n-2} + \ldots\ldots - \frac{p'x^{n-2} + p''x^{n-3} + \ldots\ldots + p^{(n-2)}x + p^{(n-1)}}{p^{(n)}x + p^{(n+1)}},$$

où p', p'', $\ldots\ldots p^{(n-2)}$, $p^{(n-1)}$, $p^{(n)}$, $p^{(n+1)}$ sont des quantités arbitraires, peut représenter toutes les fonctions de la forme

$$x^{n-1} + Ax^{n-2} + A'x^{n-3} + \ldots\ldots\ldots + A^{(n-2)} + \frac{A^{(n-1)}}{x-\alpha},$$

il en résulte ce théorème:

Théorème 20.

La fonction

$$x^{n-1} + Ax^{n-2} + A'x^{n-3} + \ldots\ldots + A^{(n-2)} + \frac{A^{(n-1)}}{x-\alpha},$$

depuis $x = -h$ *jusqu'à* $x = +h$, *ne peut rester numériquement au-dessous de*

$$\left(\frac{h}{2}\right)^{n-2}\left(A \pm \sqrt{A^2 + h^2}\right),$$

où l'on prend le radical avec le signe contraire à celui de A.

§ 63. En cherchant de la même manière la fraction

$$\frac{p'x^{n-3} + p''x^{n-4} + \ldots\ldots + p^{(n-3)}x + p^{(n-2)}}{p^{(n-1)}x^2 + p^{(n)}x + p^{(n+1)}}$$

qui, parmi toutes les autres de la même forme, s'écarte le moins de

$$u = x^{n-2} + Bx^{n-4} + Cx^{n-5} + \ldots\ldots\ldots,$$

entre $x = -h$ et $x = +h$, on prendra

$$l = 2,$$

et comme pour cette valeur de l la quantité $\frac{l+3}{2}$ est égale à $\frac{5}{2} = 2\frac{1}{2}$, on fera

$$k = 2.$$

Or, en prenant

$$u = x^{n-2} + Bx^{n-4} + Cx^{n-5} + \ldots\ldots,$$
$$k = 2,$$

dans l'expression de Z (§ 53), on trouve

$$Z = \frac{1}{x + \sqrt{x^2 - h^2}} \cdot \frac{2^{n-2}L\left(x^{n-2} - \frac{n-2}{4}h^2x^{n-4} + \ldots\right) - 2h^{n-2}(x^{n-2} + Bx^{n-4} + \ldots\ldots)}{2^{n+4}L\left(x^{n-4} - \frac{n-4}{4}h^2x^{n-6} + \ldots\right) - 2h^{n-4}(x^{n-2} + Bx^{n-4} + \ldots\ldots)}$$

$$= \frac{\left[h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L\right]x^{n-2} + h^2\left[B + \frac{n-2}{2}\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L\right]x^{n-4} + \ldots\ldots}{2x^{n-1} + \left(2B - \frac{h^2}{2} - \left(\frac{h}{2}\right)^{n-4}L\right)x^{n-3} + \ldots\ldots}.$$

Cette valeur de Z, développée en fraction continue, nous donne

$$Z = \cfrac{1}{\cfrac{2x}{h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L}} + \cfrac{2\left(\frac{2}{h}\right)^{2n-8} L^2 - \left(4B + (n-2)h^2\right)\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L - \frac{h^4}{2}}{\left(h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L\right)^2 x + \ldots\ldots\ldots}$$

D'où résulte cette série de fractions convergentes de Z:

$$\frac{M_1}{N_1} = \frac{0}{1}, \quad \frac{M_2}{N_2} = \frac{h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L}{2x}, \ldots\ldots\ldots$$

et ces valeurs de $g_1, g_2, \ldots\ldots$:

$$g_1 = h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L,$$

$$g_2 = \frac{2\left(\frac{2}{h}\right)^{2n-8} L^2 - \left(4B + (n-2)h^2\right)\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L - \frac{h^4}{2}}{\left(h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L\right)^2},$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

qui désignent pour nous les coefficients de $\frac{1}{x}$ dans les quotients complets.

Comme $k = 2$, on cherchera la valeur $L = L_0$ parmi les racines de ces deux équations:

$$g_1 = h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L = 0,$$

$$g^2 = \frac{2\left(\frac{2}{h}\right)^{2n-8} L^2 - \left(4B + (n-2)h^2\right)\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L - \frac{h^4}{2}}{\left(h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4} L\right)^2} = 0.$$

La première de ces deux équations donne

$$L = 2\left(\frac{h}{2}\right)^{n-2},$$

la seconde

$$L = \left(\frac{h}{2}\right)^{n-4}\left[B + \frac{n-2}{4}h^2 + \sqrt{\left(B + \frac{n-2}{4}h^2\right)^2 + \frac{h^4}{4}}\right],$$

$$L = \left(\frac{h}{2}\right)^{n-4}\left[B + \frac{n-2}{4}h^2 - \sqrt{\left(B + \frac{n-2}{4}h^2\right)^2 + \frac{h^2}{4}}\right].$$

Dans le cas particulier de $B = -\frac{n-2}{4}h^2$, ces trois valeurs, au signe près, sont égales. Mais en faisant abstraction de ce cas, nous trouvons que la plus petite numériquement est celle qu'on trouve d'après la formule

$$L = \left(\frac{h}{2}\right)^{n-4}\left[B + \frac{n-2}{4}h^2 \pm \sqrt{\left(B + \frac{n-2}{4}h^2\right)^2 + \frac{h^4}{4}}\right],$$

en prenant le radical avec le signe contraire à celui de $B + \frac{n-2}{4}h^2$.

D'où, d'après le § 53, nous concluons

$$L_0 = \left(\frac{h}{2}\right)^{n-4}\left[B + \frac{n-2}{4}h^2 \pm \sqrt{\left(B + \frac{n-2}{4}h^2\right)^2 + \frac{h^4}{4}}\right].$$

Cette valeur de L_0, sauf le cas de $B = -\frac{n-2}{4}h^2$, ne vérifie que la seconde des équations

$$g_1 = h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L = 0,$$

$$g_2 = \frac{2\left(\frac{2}{h}\right)^{2n-8}L^2 - \left(4B + (n-2)h^2\right)\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L - \frac{h^4}{2}}{\left(h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L\right)^2} = 0.$$

Donc, on prendra

$$i = 2, \quad \frac{M_i}{N_i} = \frac{M_2}{N_2},$$

et comme nous venons de trouver

$$\frac{M_2}{N_2} = \frac{h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L}{2x},$$

on aura

$$M_i = h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L,$$

$$N_i = 2x.$$

Pour ces valeurs de M_i, N_i, et en remarquant que $k = 2$, les expressions de U et V que nous avons trouvées dans le § 54 donnent

$$\begin{aligned}
U &= \left[h^{n-2}u - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2} + (x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2}}{2}\right]\cdot 4x^2 \\
&\quad -2\left[h^{n-4}xu - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-3} + (x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-3}}{2}\right]\cdot 2x\left(h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L_0\right) \\
&\quad + \left[h^{n-4}u - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-4} + (x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-4}}{2}\right]\left(h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L_0\right)^2, \\
V &= h^{n-4}\left[4h^2x^2 - 4\left(h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L_0\right)x^2 + \left(h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L_0\right)^2\right] \\
&= h^{n-4}\left[8\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L_0x^2 + \left(h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L_0\right)^2\right].
\end{aligned}$$

Tels sont les termes de la fraction

$$\frac{U}{V}$$

qui, parmi toutes celles de la forme

$$\frac{p'x^{n-3} + p''x^{n-4} + \ldots\ldots\ldots + p^{(n-3)}x + p^{(n-2)}}{p^{(n-1)}x^2 + p^{(n)}x + p^{(n+1)}},$$

depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, s'écarte de moins de $u = x^{n-2} + Bx^{n-4} + Cx^{n-5} + \ldots$

Nous allons examiner maintenant le cas de

$$B = -\frac{n-2}{4}h^2,$$

que nous avons laissé de côté.

D'après les valeurs de g_1, g_2, trouvées plus haut, on a, dans le cas de $B = -\frac{n-2}{4}h^2$,

$$g_1 = h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L,$$

$$g_2 = -\frac{1}{2}\frac{h^2+2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L}{h^2-2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L}.$$

Comme les racines des équations

$$g_1 = h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L = 0,$$

$$g_2 = -\frac{1}{2}\frac{h^2+2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L}{h^2-2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L} = 0$$

sont

$$L = 2\left(\frac{h}{2}\right)^{n-2},$$

$$L = -2\left(\frac{h}{2}\right)^{n-2},$$

valeurs, au signe près, égales, nous trouvons deux valeurs de $L = L_0$:

$$L_0 = -2\left(\frac{h}{2}\right)^{n-2},$$

$$L_0 = 2\left(\frac{h}{2}\right)^{n-2}.$$

En prenant la première valeur de L_0, nous remarquons qu'elle ne vérifie que la seconde des équations

$$g_1 = h^2 - 2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L = 0,$$

$$g_2 = -\frac{1}{2}\frac{h^2+2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L}{h^2-2\left(\frac{2}{h}\right)^{n-4}L} = 0.$$

Donc, on aura

$$i = 2, \quad \frac{M_i}{N_i} = \frac{M_2}{N_2},$$

et par là on trouve pour U et V les mêmes expressions que dans le cas général où l'on a aussi $i = 2$.

En passant à l'autre valeur de $L = L_0$, nous remarquons qu'elle vérifie la première des équations

$$g_1 = 0, \quad g_2 = 0,$$

d'où il suit

$$i = 1, \quad \frac{M_i}{N_i} = \frac{M_1}{N_1},$$

et comme

$$\frac{M_1}{N_1} = \frac{0}{1},$$

on trouve

$$M_i = 0, \quad N_i = 1.$$

Pour ces valeurs de M_i, N_i, et en observant que

$$k = 2,$$

nous trouvons, d'après les expressions de U et V données dans le § 54,

$$U = h^{n-2}u - L_0\frac{(x+\sqrt{x^2-h^2})^{n-2}+(x-\sqrt{x^2-h^2})^{n-2}}{2},$$
$$V = h^{n-2}.$$

D'où résulte la même valeur de $\frac{U}{V}$, qu'on trouve d'après les formules du cas général, en prenant $L_0 = -2\left(\frac{h}{2}\right)^{n-2}$.

§ 64. En vertu de ce que nous avons vu relativement à L_0 qui détermine les limites des valeurs de la différence

$$u - \frac{U}{V}$$

entre $x = -h$ et $x = +h$, et en remarquant que

$$u - \frac{U}{V} = x^{n-2} + Bx^{n-4} + Cx^{n-5} + \ldots - \frac{p'x^{n-3}+p''x^{n-4}+\ldots+p^{(n-3)}x+p^{(n-2)}}{p^{(n-1)}x^2+p^{(n)}x+p^{(n+1)}}$$

peut représenter toutes les fonctions de la forme

$$x^{n-2} + Bx^{n-4} + B'x^{n-5} + \ldots + B^{(n-4)} + \frac{B^{(n-3)}}{x-\alpha} + \frac{B^{(n-2)}}{x-\beta},$$

nous parvenons à ce théorème:

Théorème 21.

La fonction

$$x^{n-2} + Bx^{n-4} + B'x^{n-5} + \ldots + B^{(n-4)} + \frac{B^{(n-3)}}{x-\alpha} + \frac{B^{(n-2)}}{x-\beta},$$

depuis $x = -h$ jusqu'à $x = +h$, ne peut rester numériquement au-dessous de

$$\left(\frac{h}{2}\right)^{n-4}\left[B + \frac{n-2}{4}h^2 \mp \sqrt{(B+\frac{n-2}{4}h^2)^2 + \frac{h^4}{4}}\right],$$

où l'on prend le radical avec le signe contraire à celui de la quantité $B + \frac{n-2}{4}h^2$.

GEOGNOSTISCHE BEMERKUNGEN

AUF EINER

REISE IN SCHWEDEN UND NORWEGEN.

Von

G. v. Helmersen.

Mit 3 Tafeln.

Gelesen den 28. November 1856.

Als ich im Sommer des Jahres 1845 nach Schweden und Norwegen reiste, waren es vorzugsweise drei Dinge, welche ich näher kennen lernen wollte: die obersilurischen Schichten der Insel Gottland; die sogenannten Trappe oder Grünsteine Westergothlands, die ein so merkwürdiges Verhalten zu den von ihnen bedeckten untersilurischen Schichten haben; und endlich den für das Studium der Geognosie klassisch gewordenen Boden Christiania's und seiner nächsten Umgebungen. Von diesen drei Oertlichkeiten war Gottland damals am wenigsten bekannt. Was man von dieser Insel wusste, verdankte man hauptsächlich Hisinger; weder russische noch westeuropäische Geologen hatten die Insel besucht, und doch ist sie so ausserordentlich lehrreich für das vergleichende Studium der silurischen Schichten Russlands, Grossbritanniens und Deutschlands.

Ich begab mich zunächst von St. Petersburg auf einem Dampfboote nach Helsingfors, gleich darauf nach Åbo und langte in den ersten Tagen des Juni in Stockholm an. Wenn diese, vom schönsten Wetter begünstigte, aber rasche Fahrt keine nähere Untersuchung des endlosen Schären-Labyrinthes gestattete, das den Küsten Finnlands und Schwedens vorliegt, so war es doch schon ein Gewinn die äussere Form dieser zahllosen Granit- und Gneissklippen, ihre mannigfachen Gruppirungen und ihre Vegetation kennen zu lernen, von der dürftigsten Moosbedeckung bis zum hochstämmigen Tannenwalde und der grünenden Wiese. Hier eine ärmliche Lootsenwohnung auf dürren Felsen, und auf einer andern Schäre das freundliche, behagliche Haus des Landmannes und wohlhabenden Fischers. So gefährlich die Schären dem unkundigen Schiffer sind, so erwünscht sind sie dem Seemanne, der des gewundenen Weges zwischen ihnen kundig, bei tobendem Sturme, aus der hohen See in die immer ruhigen Wasser der Schärendurchfahrten gelangt. Wenn draussen das offene Meer noch so hoch geht, so bemerkt man zwischen den Schären, wo sie dichter geschaart sind, nur unbedeutenden Wellengang. Die zahllosen Kuppen brechen den Wind; die zwischen ihnen liegenden schmalen Wasserflächen werden kaum von ihm berührt. Aber so verworren und so bedenklich ist die Fahrt durch diese Labyrinthe für grössere Fahrzeuge, dass die Führer derselben es auch in den hellen nordischen Sommernächten nicht wagen vorwärts zu gehen, sondern vor Anker legen.

Auf der Fahrt von Åbo nach Stockholm kommt man nur auf kurze Zeit aus dieser Schärenwelt heraus in die offene See; denn kaum hat man die finnischen Schären aus dem

Gesichte verloren, so erblickt man schon nach wenigen Stunden die ersten Vorboten der schwedischen; zuerst sparsam zerstreute, niedrige, nackte Granitkuppen, dann aber bald höhere, schöngeformte, mitunter recht grosse Inseln, bedeckt mit Nadel- und Laubholz. Je mehr man sich auf dem gewundenen Wasserwege Schwedens Hauptstadt nähert, desto freundlicher werden die Ufer der Schären; malerische Granitklippen wechseln mit schönen Wäldern und kleinen grünen Ebenen, auf denen mancher hübsche Landsitz an dem Reisenden vorübergeht. Eine sehr malerische Ansicht gewährt die Festung Waxholm, an der man in einem schmalen Fahrwasser sehr nahe vorüberkommt. Ein trefflicher Schutz für die schöne Hauptstadt, denn die wohlangelegten Batterien dominiren den einzigen Zugang zu derselben von der Seeseite her. Der Anblick Stockholms ist überraschend schön. Bis in die nächste Nähe der Stadt versperren hohe Granitufer jede weitere Aussicht; plötzlich treten die Ufer zurück, man fährt in den sogenannten Salt-sjö ein, an dem herrlichen Laubwalde des Thiergartens vorbei, und landet im Angesichte des schönen königlichen Residenzschlosses, eines imposanten geschmackvollen Baues, dessen Platz nicht besser gewählt werden konnte.

Da ich zunächst Gottland besuchen wollte, schiffte ich mich, nach mehrtägigem Aufenthalte in Stockholm, auf einem Dampfboote ein, das die Küstenfahrt bis an Schwedens Südende machte, und mich nach der kleinen Stadt Westervik brachte, die Gottland gegenüber liegt. Durch die Zuvorkommenheit eines Baron Gyllenhal, Nachkommen des berühmten schwedischen Gelehrten gleichen Namens, war ich mit einer schriftlichen Empfehlung an den damaligen Gouverneur von Gottland, Herrn v. Hohnhausen versehen worden, und hatte mich in Folge derselben der besten Aufnahme und Beförderung meiner Zwecke zu erfreuen.

Ueberhaupt hat die Erfahrung mich gelehrt, dass man schwerlich ein Land finden werde, in welchem alle Stände, von den höchsten bis zum einfachen Land- und Gewerbsmanne, mehr Achtung vor der Wissenschaft haben, als in Schweden und Norwegen. Ueberall betritt hier der fremde Gelehrte Pfade, auf denen ihm einheimische vorangegangen sind, und überall findet er ein leichtes Verständniss seiner Zwecke und die bereitwilligste Unterstützung derselben.

An hohen, stark bewaldeten Granitschären vorbei fuhren wir von Stockholm den inselreichen Mälaren[1]) westwärts hinauf, und nahmen mit scharfer Biegung eine südwestliche Richtung nach dem Kanal von Södertelge, der den Mälaren mit einer tief ins Land greifenden Bucht der Ostsee verbindet. In dieser Bucht liegt die lange Insel Möskön eine der beträchtlichsten Schären Schwedens. Auf der Höhe von Landsort kommt man in die offene See, nähert sich aber bald wieder dem Ufer und mit ihm den zahllosen Schären. An allen wiederholen sich die Formen der finnländischen Schären. Gewölbte, langgezogene Kuppen; die höchsten mögen 200 bis 300 Fuss über das Meeresniveau ansteigen. Es ist aber mehr und besserer Baumwuchs auf ihnen als auf den finnländischen. Viele derselben sind mit erratischen Blöcken bedeckt, bis auf die Gipfel hinauf.

Westervik, eine kleine Stadt, in der aber grosse Schiffe gebaut werden, liegt nahe am

1) Es soll im Mälaren über 1200 Schären geben.

Eingange einer schmalen, langen Bucht. Die herrschende Felsart seiner Umgegend ist ein feinkörniger, gelblichgrauer Quarzfels, sehr zerklüftet, niedrige Hügel bildend mit steilen, eckigen Abstürzen nach Süden, während die Nordseite derselben allmälig abfällt. Lose, eckige Blöcke dieses Quarzfelsens liegen in Menge umher und enthalten nicht selten Nester weissen Quarzes. In der Nähe von Westervik befindet sich ein Gesundbrunnen; dicht an dem Wege, der von dem Städtchen zu ihm führt, kann man spiegelglatt polirten, weissen Quarz anstehen sehen, aber ohne eine Spur von Schrammen auf dieser Spiegelfläche. Auch an dem Granit und Gneiss von Helsingfors und Stockholm giebt es geschliffene und dabei nicht geschrammte Felsen; dagegen kommen nie Schrammen vor, ohne dass der Fels zugleich auch abgeschliffen wäre. An den freien Oberflächen der Feldspath- und Hornblendegesteine sind die Schrammen und Schlifflächen oft verwittert und undeutlicher als unter der Dammerde und dem Schutt. Nimmt man diese fort, so erscheinen sie in schönster Erhaltung. Auf der nämlichen Strecke, von Westervik nach dem Gesundbrunnen, beobachtete ich einen fleischrothen Granitgang in weissem Quarzfels, und Trümer weissen Quarzes rechtwinklich durch den Gang (Fig. 1). Es sind also in dem Granitgange Querrisse entstanden, die durch dasselbe Gestein ausgefüllt wurden, in welchem der Gang aufsetzt.

Nachdem ich in Westervik ein Paar Tage verweilt hatte, reiste ich auf einem Postdampfboot nach Wisby auf Gottland. Gottland ist ein Inselplateau, das an vielen Orten steil, sogar senkrecht gegen das Meer abfällt und aus horizontal liegenden Kalkstein-, Thon- und Sandsteinschichten der oberen silurischen Gruppe besteht. Auf diesen Schichten liegen lose Sandmassen und erratische Blöcke krystallinischer Gesteine. In der Begleitung zweier Bewohner Wisby's, des Pastors Söderberg und des Artillerielieutenants Baron Fock, die sich lebhaft für meine Untersuchungen interessirten, besuchte ich die Umgebungen der Stadt.

Korpaklinte[1]). So heisst eine steile Klippe nördlich von der Stadt, deren Richtplatz sie ist. Steile, oft senkrechte, auch überhängende, etwa 100 Fuss hohe Abhänge eines weisslichen oder hellgrauen Kalksteins, der gewöhnlich dicht, mitunter feinkörnig oder ziemlich grobkörnig und conglomeratartig ist, durch viele eingemengte rundliche Concretionen, die vielleicht organischen Ursprungs sind. Er bildet dicke, horizontale Bänke mit vielen breiten und tiefen Spalten und Höhlungen. Die körnigen und späthigen Varietäten bieten ein besonderes Interesse dar; man erkennt nämlich an der Oberfläche, wenn diese durch den Einfluss der Atmosphärilien verwittert ist, auf's deutlichste, dass das Gestein fast ganz aus feinen Muscheltrümmern und zahllosen Enkrinitenstielen zusammengesetzt ist, die späthiger Kalk miteinander verbindet. In dieser Hauptmasse liegen dann wohlerhaltene, grössere, sehr zahlreiche Individuen von Korallen und Enkrinitenstiele; Muscheln sind seltener, ich fand nur *Terebratula reticularis*, var. *aspera*. Die Enkrinitenstiele sind immer späthig und mitunter fleischroth gefärbt. Dieser weisse rothgefleckte Marmor wird an mehreren Stellen um Wisby gebrochen und zum Bau verwendet. Viele Ge-

1) Das Wort Klinte ist dasselbe wie das in Ehstland gebräuchliche Glint, und bezeichnet hier wie dort einen steilen zum Meere gerichteten Felsabfall.

bäude in der Stadt, vielleicht die meisten und darunter die schönen alten Baudenkmäler, Kirchen und Klöster aus der Zeit der Hansa, sind aus dem körnigen Kalkstein der Umgegend gebaut. Ich fand hier an Petrefakten: *Porites pyriformis*, *Cyathophyllum flexuosum*, *Cyathoph. ceratites*, *Caryophyllia truncata*, *Millepora repens*, *Terebratula aspera*[1]). Lange Cyathophyllen, bis 2 Zoll dick, starren oft aus dem Gesteine hervor. Der Ufersaum bei Korpaklinte ist mit zahllosen rundgerollten Stücken von Kalkstein, Granit, Gneiss und Quarz dick besäet. Solches Gerölle steigt aber hoch bis auf das Plateau hinauf und bezeugt, dass Gottland nach der Anschwemmung des ersteren dem Meere entstiegen ist.

Högklinte. Ein schöner malerischer Uferfels, 10 Werst südlich von Wisby. Die horizontalen Kalksteinschichten sind senkrecht abgerissen und ragen altanartig über einen hohlen Raum hervor, der durch die rascher vorschreitende Zerstörung der untern, thonigen Schicht entsteht. Der Felsen mag 150 bis 170 Fuss hoch sein und ist von tiefen, bis 4 Fuss breiten Spalten zerrissen, die nicht ausgefüllt und offenbar dadurch entstanden sind, dass die überhängende Masse, durch ihr eigenes Gewicht, sich allmälig losreisst. Auch giebt es hier auf einer kleinen, über dem Meere hängenden Terrasse eine Grotte mit einem schönen, natürlichen Pfeiler darin.

An dem gegen das Meer abstürzenden Felsen hat man ein schönes Profil der hiesigen Schichten (Fig. 2). Zuoberst horizontale Schichten (*a*) eines weisslichen und hellgrauen Kalksteins mit vielen Korallen und Kalkconcretionen; letztere geben ihm ein conglomeratartiges Ansehn; am häufigsten schienen *Calamopora Gottlandica* und *Stromatopora concentrica*, *Cyathophyllum turbinatum*, *flexuosum* und *ceratites;* demnächst Enkriniten.

Die zweite Schicht von oben (*b*) ist ein röthlichgrauer, zum Theil krystallinischer, zum Theil dichter Kalkstein, strotzend von unzähligen Enkrinitenstielen, die sämmtlich weiss und späthig sind. Die Schicht *b* ist deutlicher geschichtet als ihr Dach *a* und ihre Sohle *c*. Die dritte, unterste Schicht (*c*) ist ein brekzienartiger grauweisser Kalkstein. Er bildet Concretionen und dünne Lagen, die von grünlichgrauem Thon eingehüllt sind und mit solchem wechseln. Die durchsickernden Tagewasser werden von dieser thonigen Schicht aufgehalten und erhalten deren Wände stets feucht, die dann immer klebrig sind. Im Thon kommt nicht selten Schwefelkies in kleinen krystallinischen Nieren vor. Das Gestein ist undeutlich geschichtet und enthält sehr viele Versteinerungen; besonders häufig waren *Calamopora Gottlandica*, *Cyathophyllum ceratites*, *C. flexuosum*, *Porites*, *Terebratula prisca* (*reticularis*), *Terebr. plicatella*, *Terebr. Wilsoni*. Dieser thonigkalkige Absatz (*c*) war überall sehr lose und mürbe, daher die Meereswogen ihn leicht zerstören und so das Ufer hier fortwährend benagen. Eine ungeheuere Menge aus den Schichten *a* und *b* herabgestürzter Blöcke bilden den schmalen Ufersaum. Unter ihnen sah ich einen grossen weissen Kalksteinblock mit charakteristischen Gottländischen Versteinerungen; er lag schräge gegen das Wasser geneigt und war vollkommen glatt geschliffen; offenbar eine

1) Ich werde mich vorzugsweise nicht der neueren Benennungen mancher Versteinerungen bedienen, sondern der älteren Namen in Hisingers *Lethaea Svecica* und Murchison's *Silurian System*.

Wirkung der mit Rollsteinen beladenen Brandung. Man sah keine Schrammen auf seiner Oberfläche.

Ich sammelte an dem Felsen von Högklinte folgende organische Reste:

Orthoceratites Ibex (Murchison, Sil. Syst.).
Asaphus caudatus (*Pygidium*).
Calymene Blumenbachii.
Actiocrinites simplex (Murchison, Sil. Syst.).
(*Encrinites simplex* Murchison, *Encr. tessera contadactylus* Hisinger).
Calamopora Gottlandica.
Calamopora polymorpha.
Calamopora basaltica.
Stromatopora concentrica.
Catenipora escharoides.
Millepora repens.
Cyathophyllum turbinatum.
Cyathophyllum flexuosum.
Turbinolia turbinata.
Porites pyriformis.
Cyclolites nummismalis.
Siphonia praemorsa (Gerölle).
Terebratula reticularis Linné, *prisca* (*Rhynchonella*).
Terebratula Wilsoni.
Terebratula plicatella = *borealis* (*Rhynchonella*).
Terebratula nucula.
Terebratula imbricata (*marginalis*).
Spirifer cyrtaena (*Delthyris cyrtaena* Hising.).
Leptaena transversalis.
Cyterina baltica.
Turbo.

Nach diesem Besuche des Högklintfelsens trat ich in der Gesellschaft des Artillerielieutenants Baron Fock eine Rundreise um die südliche Hälfte der Insel an (s. die Karte). Wir fuhren zunächst von Wisby nach Süden über die östliche Verlängerung des Högklinterückens, der von WSW. nach ONO. durch die ganze Insel bis an deren Ostküste ziehen soll. Dann aber stiegen wir allmälig in eine Niederung hinab, die offenbar früher ein Meeresarm gewesen sein muss, denn ihr Boden besteht aus Sand und erratischen Blöcken. Den Untergrund derselben soll, nach Hrn. Murchison, ein grünlich-grauer «Shale» bilden, identisch mit demjenigen, welcher weiter im Süden, an der Küste bei Djupviken, zu Tage geht. Der Kalkstein von Klinteberg soll diesem Thon aufgelagert sein. Beide Gesteine hält Hr. Murchison für jünger als den Kalkstein von Högklinte, und für älter als die Schichten von Bursvik und Hoborg, von denen unten die Rede sein wird (s. Murchison: On the Silurian Rocks and their associates in parts of Sweden. Lond. 1847). Da ich der in dieser Abhandlung aufgestellten Ansicht über die Reihenfolge der Gottländer Gesteine nicht beistimmen kann, so werde ich weiter unten die Gründe davon angeben. — Man sieht auf der Niederung selten Laubholz, sondern fast nur *Pinus silvestris* und auch diesen Baum von geringer Höhe. Im Ganzen ist das Land hier noch ziemlich gut angebaut. Wir gelangten nach dem Städtchen Klinte oder Klintehamn.

Der Klinteberg, in der Nähe von Klintehamn, ist eine steile, mässig hohe Kalksteinklippe, die man als das südliche Ufer jener Niederung betrachten kann, die wir, von Högklinte kommend, betreten hatten und die das Land in ONO. Richtung durchschneidet. Der Klinteberg entblösst, in etwa 60 Fuss hohen, steilen Abhängen, einen thonigen, dichten gelblichgrauen Kalkstein. So weit ich den Berg untersuchte, konnte ich das Sohlengestein des

Kalksteins nicht sehen, weil dessen Ausgehende ganz und gar von Kalksteinblöcken bedeckt waren, die von den entblössten Schichten herstammen, ich nehme aber mit Hrn. Murchison an dass es das graugrüne Thongestein ist. Die oberen Schichten des Klinteberger Kalksteins sind (wie die Schicht *b* bei Högklinte) sehr reich an Enkrinitenstielen, ein wahrer Enkrinitenkalk; die untern aber strotzen von Korallen und bilden wahre Korallenbänke, wie die Schichten *a* und *c* bei Högklinte. Mit den Korallen und Enkriniten kommen aber hier mannigfache andere Körper vor, die ich zum Theil selbst sammelte, zum Theil in der schönen Petrefaktensammlung des Artillerielieutenants Baron Flemming sah und zum Geschenke erhielt; er besitzt ein Landgut am Fusse des Klintebergs und beschäftigt sich eifrig mit dem Sammeln der hiesigen Versteinerungen. Ich gebe hier das Verzeichniss der von mir mitgebrachten Produkte:

Orthoceras angulatum Hisinger; *O. virgatum* Murchison (Sil. Syst.).
Asaphus caudatus?
Actiocrinites simplex Murch.; *Actiocr. tesseracontadactylus* Hisinger,
Cyathocrinites rugosus Murchison, Sil. Syst. Pl. 18, fig. 6.
Apiocrinites scriptus His.
Calamopora Gottlandica.
Calamopora polymorpha.
Catenipora escharoïdes.
Cyathophyllum.
Turbinolia turbinata; var. *echinata* Hisinger.
Porites pyriformis.
Caryophyllia truncata.
Terebratula prisca (*reticularis* Linné).
Terebratula Wilsoni (*Rhynchonella*).
Terebratula plicatella = *borealis* (*Rhynchonella*).
Terebratula imbricata (*marginalis*) Murchisno Sil. Syst. Pl. 12, fig. 12.
Terebratula cuneata Dalman.
Spirifer cyrtaena (*Delthyris cyrtaena* Dalman).
Orthis rustica.
Pentamerus conchidium (*Gypidia conch.* His.).
Turbo striatus.
Natica inflata.
Euomphalus catenulatus Hisinger.

Mit den Pentameren zusammen viel Enkrinitenstiele.

Vergleicht man dieses Verzeichniss mit dem bei Högklinte aufgeführten, und fügt man noch hinzu, dass nach Hrn. Murchison's Angabe (c. l. p. 28) *Terebratula cuneata* und *Orthoceratites virgatum* auch im nördlichen und mittleren Gottland gefunden werden, so ergiebt sich, dass von 24 bei Högklinte angegebenen Species (die Korallen miteingerechnet) 14 auch am Klinteberg vorkommen. Eine der häufigsten Muscheln des Klintebergs und daher bezeichnend, ist der *Pentamerus conchidium;* es ist wahr, sie ist bis jetzt weder im nördlichen Theil der Insel, noch bei Högklinte gefunden worden und scheint den Klinteberger Schichten ausschliesslich anzugehören und dieselben zu charakterisiren. Und dennoch bin ich geneigt zu glauben, dass die Schichten beider Orte von ein und demselben Alter sind, wofür ihre sonstige Aehnlichkeit und auch der Umstand spricht, dass sowohl die Kalksteine von Högklinte als die von Klinteberg, auf dem sogenannten «Shale», diesem Thon mit Korallen, Muscheln und Kalkconcretionen liegen. Es würde, wenn diese Ansicht richtig ist, am Klinteberg eben nur die Schicht fehlen, die ich in dem Profil von Högklinte mit lit. *b.* bezeichnet habe. Bekanntlich kommen

Pentameren, nur andere Arten als die Gottländischen, sehr häufig und massenhaft in den obersilurischen Schichten des Ehstländischen Festlandes vor; z. B. in der Nähe von Hapsal und südlich von demselben. Dagegen sind sie auf der benachbarten Insel Oesel noch nie gefunden worden. Und doch müssen wir, nach allen bisherigen Forschungen, annehmen, dass die Oeselschen Schichten von demselben geologischen Alter sind, wie die obersilurischen Schichten auf dem Festlande Ehst- und Livlands. Hr. Professor Grewingk in Dorpat hat unlängst im achten Jahrgange des Correspondenzblattes des Naturforschenden Vereins zu Riga, № 10, p. 145, einen Aufsatz geliefert unter dem Titel: «Einiges über die Ergebnisse der Arbeiten im nordwestlichen silurischen Gebiete Russlands. Nach sorgfältiger und vergleichender Aufzählung der in jenem Gebiete in obersilurischen Schichten aufgefundenen Petrefakte, mit genauer Angabe ihrer Fundorts, gelangt er (p. 161) zu dem Schlusse: Dass die verbreitetern Versteinerungen, welche mit Pentameren zusammen auf dem Festlande (Ehst- und Livlands) vorkommen, auch in den Inselschichten (Mohn und Oesel) gefunden werden. Hier genüge dieses Citat, ich will nur noch bemerken, dass die Entfernung von der pentamerenreichen Gegend Hapsals bis zu der pentamerenlosen Insel Oesel nur wenig mehr beträgt, als der Abstand von Högklinte bis Klinteberg.

Von Klinteberg begaben wir uns nach der Pfarrei Ejsta; auf dem Wege dahin erhebt sich der Boden ein wenig und man kommt wieder auf horizontale Kalksteinschichten. Eine halbe Meile NW. von Ejsta liegt am Meeresstrande eine Landstelle, die Djupviken heisst, ein Ort, den Hisinger in seiner *Lethaea Svecica* so oft nennt, da er reich an schönen Versteinerungen ist. Das Ufer, an dem wir nur eine einsame Fischerhütte fanden, ist 4 bis 5 Faden hoch, aber sehr steil, meist senkrecht, sogar überhängend. Die Schichten, aus denen es besteht, haben genau dieselbe mineralogische Beschaffenheit, wie die Schicht *c.* des Högklinter Profils (Fig. 2). Es ist derselbe dichte, mitunter feinkörnige, hellgraue Korallenkalk, in Form von Concretionen verschiedener Grösse, zwischen denen dünne Lagen grünlichgrauen Thones liegen, daher auch hier derselbe nasse, klebrige Zustand der Felswände wie bei Högklinte. Korallen und Enkriniten, weniger die Muscheln, bilden die Hauptmasse des Kalksteins; die meisten Muscheln finden sich aber nicht in den kalkigen Concretionen, sondern in den Thonlagen und fallen daher bei der Zerstörung des Felsens leicht frei heraus. Man findet sie daher auch zahlreich am Ufer zerstreut mit anhaftendem Thon. Ich sammelte hier:

Orthoceratites fimbriatus.
Calymene Blumenbachii.
Apiocrinites scriptus.
Catenipora escharoïdes.
Cyathophyllum flexuosum.
Turbinolia turbinata, var. *verrucosa* His.
Porites pyriformis.
Terebratula prisca.
Orthis elegantula (*canalis* Silur. Syst. Pl. 13, fig. 12, *a.*).
Leptaena depressa.
Delthyris cardiospermiformis Hising. (*Spirifer cardiospermiformis*).
Atrypa tumida.
Nucula costata.
Turbo.

Von den angegebenen 14 Arten, worunter 4 Korallen, kommen 7, darunter die Korallen, zum Theil bei Högklinte, zum Theil bei Klinteberg vor; *Orthis elegantula* führt Hr. Murchison bei Högklinte, *Leptaena depressa* in Nordgottland, *Spirifer cardiospermiformis* in Nord- und Südgottland und *Atrypa tumida* am Klinteberg an. Es kommen also von den genannten 14 Arten 11 auch in den Schichten von Nordgottland und Mittelgottland vor, und wenn man hinzufügt, dass das Gestein von Djupviken eine absolut emineralogische Aehnlichkeit von der Schicht *c.* bei Högklinte hat, so wird man wieder auf die Vermuthung geführt, dass beide Schichten identisch sind; und wir würden uns, dieser Ansicht nach, bei Djupviken nicht in neuern Schichten, sondern immer noch in dem Horizonte befinden wie bei Wisby und Klinteberg.

Nur wenige Werst westlich von Djupviken liegen zwei Felseninseln, die Carlsöarne (Karlsinseln) genannt. Die eine von ihnen liegt dem Ufer so nahe, dass man ihre Formen deutlich unterscheiden kann; steile, wohl ein Paar Hundert Fuss hohe Abhänge und oben ein kleines, ebenes Plateau. Sie ist baumlos, nur von wenigen Fischern, von Ziegen und Möven bewohnt. Da die Zeit mir spärlich zugemessen war, konnte ich diese Insel leider nicht besuchen. Sie würde wahrscheinlich Aufschluss über die Folge der Gottländer Schichten geben, da die Profile an ihren hohen Abhängen sehr vollständig sein müssen.

Von Ejsta reiste ich nach dem Städtchen Burgs, das an der Bucht Bursvik liegt; der Weg ging meist in der Nähe des Strandes und zuletzt am Ufer der Bursvik hin, einer rundlichen, seichten Meeresbucht, deren flaches, sandiges, mit erratischen Blöcken besäetes Ufer erst jüngst von dem Meere verlassen worden zu sein scheint. Bei Westwinden wird es noch weithin überschwemmt.

Bursviks Steinbruch. Dicht bei dem Hafenstädtchen liegt ein Steinbruch, nur wenige Faden tief. Man bricht hier einen harten Sandstein, der zu Mühlsteinen behauen und in bedeutenden Mengen aus dem Lande geführt wird. In den Profilen im Steinbruche sieht man zuoberst einen hellgelben und weisslichen feinkörnigen Rogenstein, der hin und wieder Nester von Erbsenstein enthält. Die Körner des letzteren haben bis 3 Linien im Durchmesser. Kalkspathtrümer durchsetzen dieses Gestein; ich fand in demselben folgende organische Reste:

Phacites Gottlandicus His.
Terebratula prisca.
Terebratula plicatella.
Orthis pecten.
Leptaena sericea.
Orthonota cingulata.
Lucina Hisingeri Murchison.
(*Pterinea*) *Avicula retroflexa.*
Avicula orbicularis (Murch.) *affinis.*

Der Rogenstein hat eine geringe Mächtigkeit und geht nach unten allmälig in einen aschgrauen, feinkörnigen, glimmerigen Sandstein über, der beim Anhauchen einen schwachen Thongeruch entwickelt. Auf der Grenze zwischen beiden Gesteinen kommen Sandsteinlagen vor, in denen gelbe Rogensteinkügelchen noch zahlreich verbreitet sind. In dieser Lage, so wie in dem nach unten folgenden reinen Sandsteine fanden sich:

Forbesia concinna, deren Abbildung u. Beschreibung durch Hrn. Dr. A. v. Volborth sich im Anhange zu diesem Aufsatze befindet.
Calymene Blumenbachii (Schwanzschild).
Actiocrinites moniliformis.
Terebratula plicatella.
Steinkerne einer glatten Terebratel.
Orthis pecten.
Natica inflata.
Turritella? (Steinkern).
(*Pterinea*) *Avicula retroflexa.*

Hoborg oder Hoburg. So heisst die Südspitze Gottlands, ein isolirtes, etwa 200 Fuss hohes Kalksteinplateau, mit ebener Oberfläche, nach Westen und Süden steil abfallend, von der Meeresbrandung benagt und an vielen Stellen unterwaschen, da dann die höher liegenden Kalksteinflötze über dem schmalen Ufersaume überhängen. Am Ostfusse eine niedrige, grosse Ebene mit ganz flachem Ufer und so dicht mit erratischen Granit- und Gneissblöcken besäet, dass sie von dem Hoberge aus betrachtet, wie mit Steinen gepflastert erscheint. Auf dem Berge selbst und an seinen steilen Abhängen zum Meere bemerkt man diese Blöcke nicht; allein sparsam zerstreut kommen sie auf einigen, nördlich und nordöstlich von Hoborg liegenden Kalksteinhügeln vor, die durch flache Sättel mit ihm verbunden sind. Der Weg von Burge nach Hoborg geht auf einer Ebene von geringer absoluter Höhe hin, die zum Theil dürre Haide, zum Theil Wiesengrund mit gutem Baumwuchs darbietet. Die Haiden waren von der Sonne verbrannt, gelb und nur spärlich mit Wacholder bewachsen. Auf einer derselben hatten wir die in den Steppen so gewöhnliche Erscheinung der Mirage; wir sahen nämlich einen grossen See, der bei der Annäherung verschwand. Es gab Strecken wo zwischen den Wacholderbüschen ganz nackte, graslose Erde war, grau und pulvertrocken. Ein eigenthümlicher, freudeloser Anblick. Die Gegend ist aber noch ziemlich angebaut. Gegen Hoborg hin erhebt sich der Boden allmälig; südöstlich von dem Berge zieht sich ein niedriger Felsendamm weit in die See hinein und ist von den Schiffern gefürchtet; nördlich aber läuft der Strand als niedriger steiler Glint mit schmalem Ufersaume fort.

Die schönen Profile am Hoborg zeigen in absteigender Ordnung folgende Schichtenreihe: Dicke Bänke eines krystallinischen Kalksteins von hellgrauer, weisser und graurother Farbe. Die Hauptmasse besteht ganz und gar aus Bruchstücken von dicken, späthigen Enkrinitenstielen, eckigen Bruchstücken feinkörnigen, hellfarbigen Kalksteins, dazwischen zahlreiche Korallen und meist krystallinischer Kalk als Bindemittel. In den oberen Schichten finden sich grosse Partieen, die braunroth oder fleischfarbig, krystallinisch, grob- oder mittelkörnig sind und weniger Enkriniten und Muschelfragmente enthalten. Diese Fragmente gehören starkgerippten Brachiopoden an. Andere Stellen sind weiss. Der rothe Marmor hat oft die täuschendste Aehnlichkeit mit fleischrothem Granit. Die weissen Partieen sind ganz überfüllt von Enkrinitenstielen, Korallen und Bruchstücken von Muscheln, ein wahrer Enkriniten-Korallenkalk, gar nicht zu unterscheiden von dem Kalksteine, den ich bei Korpaklinte beschrieben habe, um so weniger, da die Enkrinitenstiele genau dieselben sind, wie am letztgenannten Orte, und da die in dem Hoborger Kalkstein vorkommenden Korallen, *Cyathophyllum flexuosum* und *Turbi-*

nolia turbinata, auch dieselben Arten sind wie bei Korpaklinte und Högklinte. — Unter diesem Korallen-Enkrinitenkalk liegt eine Kalksteinschicht, die hauptsächlich Korallen enthält und weniger krystallinisch ist. Dann folgt eine Schicht von Rogenstein, der gleichnamigen von Bursvik entsprechend und unter ihr der Sandstein ganz von derselben Beschaffenheit wie am letzteren Orte. In den obern Schichten des Sandsteins, die Rogenstein enthalten, fand ich *Terebratula plicatella*, *Orthis pecten*, *Forbesia concinna* Volborth, *Calymene Blumenbachii* und eine *Turritella*, die ich der Art *cingulata* zuschreiben möchte. In den Kalksteinblöcken, die an den Abhängen liegen und sich vom Anstehenden abgelöst hatten, sammelte ich *Terebratula prisca*, *Cyathophyllum flexuosum*, *Turbinolia turbinata* und Steinkerne von *Turritellen* und *Euomphalus*, die sich nicht näher bestimmen lassen.

Hier sieht man also, dass Kalksteine, die von denen bei Wisby vorkommenden lithologisch und zum Theil auch paläontologisch nicht zu unterscheiden sind, unzweifelhaft auf dem Rogenstein und Sandstein von Bursvik aufliegen. Bei Hoborg tritt der dünnschieferige, weiche Sandstein, etwa 10 Fuss mächtig unter jenen Kalksteinen hervor und weit ins Meer hinein. Die Zerstörungen durch die Brandung sind grossartig. Hausgrosse Blöcke der Hoborger Schichten sind herabgestürzt und an den Abhängen aufgehäuft.

Nach Bursvik zurückgelangt, reiste ich über das Pastorat Oja und Burgs nach dem Pastorate När. Das Land blieb flach und niedrig; vergebens sah ich mich nach anstehendem Gestein um; der Boden ist von Diluvien mit abgerundeten Granit-, Gneiss- und Glimmerschiefer-Blöcken bedeckt, die geringe Dimensionen, 3 bis 4 Fuss im Durchmesser haben. Schöne Haine stellten sich ein von Eschen, Birken, Ahorn, Pappeln und mitunter Eichen; sie wechseln mit Wiesen und Kornfeldern ab; das Land ist dicht bewohnt und scheint fruchtbar, nur von Zeit zu Zeit sieht man unbewohnte Waldstrecken. Von När schlugen wir den Weg nach der Bucht von Ljugarn ein, an welcher das Zollamt Ljugarnshamn liegt. Ehe wir diesen Ort erreichten, berührten wir den Ort Lau und besuchten in dessen Nähe den Lausberg, einen steilen Glint, der sich an der Südseite der Ljugarnbucht, nahe am Strande erhebt. Hier fand ich, was ich erwarten musste, den wohlbekannten, brekzienartigen Enkriniten- und Korallenkalk wieder. Nur ist er hier nicht krystallinisch, wie an der Westküste und Südspitze Gottlands, sondern mehr dicht, thonig und von graugelber Farbe; es giebt aber auch hier fleischrothe Partieen in ihm. Dicke Stiele von *Cyathocrinites rugosus* liegen zu vielen Tausenden an den Abhängen umher, an einigen derselben sah man noch braunrothen Mergel haften. Mit den Enkriniten zusammen kommen die Korallen *Calamopora Gottlandica*, *Calamopora polymorpha*, *Porites pyriformis*, *Cyathophyllum turbinatum* vor. Sehr überraschend aber war hier *Calceola Sandalina*, die ich in zwei wohlerhaltenen Exemplaren fand; ausserdem kam von Brachiopoden noch *Terebratula reticularis* (*prisca*) vor.

Ljugarnshamn ist ein kleiner Hafen und Zollamt; die ganze Strecke von Lau bis hierher ist mit vielen Granit- und Gneissgeschieben, der Strand bei Ljugarn aber mit Geröllen bedeckt, aus denen sich groteske kleine Kalksteinklippen erheben (Fig. 3). Es sind offenbar die von der Brandung noch verschont gebliebenen Ausgehenden eines Korallenkalks, der in der

Tiefe anstehn muss; ruinenähnliche, weissliche Kalksteinfelsen mit glattgeschliffener Oberfläche, an der man sehr deutlich sieht, dass es ein wahrer Korrallenfels ist. Die Hauptmasse bildet *Stromatopora concentrica*, oft von ungewöhnlicher Grösse, wie die beifolgende Abbildung zeigt (Fig. 4) und die Ausfüllung zwischen den einzelnen Gruppen und Individuen dieser Koralle bilden Enkrinitenstiele, Muscheln und Bruchstücke eines harten Kalksteins, die man hier deutlicher als an den Felsen der vorhererwähnten Lokalitäten beobachten konnte. Ich hatte mich auf der ganzen Fahrt bisher vergeblich nach alten Uferschwellen umgesehn, wie sie auf der Insel Oesel und am Strande Ehstlands so häufig sind. Bei Ljugarn fand sich nun eine solche in schönster Erhaltung vor. Sie liegt in einiger Entfernung vom Wasser und 7—8 Fuss über dem mittleren Niveau desselben, dem Ufer parallel und besteht aus Kalkstein und Granitgerölle, ist leicht bemoost und von schwärlicher Farbe. Im Strandgerölle von Ljugarn sammelte ich: *Orthoceratites*, *Cyathocrinites rugosus*, *Calamopora Gottlandica*, *Stromatopora concentrica*, *Millepora ramosa*, *Cyathophyllum turbinatum*, *Caryophyllia truncata*, *Terebratula prisca* und *Terebratula plicatella*. Die Enkrinitenstiele sind fleischroth gefärbt; der Orthoceratit bräunlich-roth; im Innern des letzteren erkennt man durch die Lupe Fragmente von Korallen, gestreiften Muscheln und von Enkrinitenstielen. Da alle diese Körper wenig abgerollt sind, so darf man annehmen, dass sie von einem Fels herstammen, der nicht zu weit von Ljugarn ansteht, oder es sind vielleicht die Reste derselben Schichten, die hier zerstört wurden und nur noch jene mauerähnlichen Ueberbleibsel hinterliessen.

Von Ljugarnshamn begaben wir uns auf dem kürzesten Wege nach Wisby, und von hier reiste ich bald nach Westervik zurück.

Mein verehrter College an der Kaiserlichen Akademie, Sir Rod. Murchison, war in der Gesellschaft von Hrn. v. Verneuil, in demselben Jahre, 1845, aber zwei Monate später als ich, auf Gottland gewesen und hatte ausser einigen Punkten auf der Nordhälfte der Insel, auch die Westküste, von Wisby bis Hoborg, besucht. Wir theilten uns bald darauf unsere Ansichten über das Alter und die Lagerungsfolge der Gottländer Schichten brieflich mit, und die seinigen machte Hr. Murchison im Februar 1847 in dem *Quarterly Journal* der Londoner geologischen Gesellschaft bekannt. Wenn man die in seinem Aufsatze mitgetheilten Thatsachen und die Schlussfolgerungen, zu denen sie führten, zusammenfasst, so erhält man folgende Uebersicht der Gottländer Schichten (s. die Karte von Gottland): «Sie gehören sämmtlich der «obersilurischen Reihe an und sind von Sand mit erratischen Blöcken unmittelbar bedeckt. «Auf der Nordhälfte haben die Schichten eine horizontale Lage; die tiefste von ihnen, die zu«gleich die älteste von allen Gottländischen Sedimenten ist, besteht[1]) aus graugrünem Thon mit «Kalkconcretionen und gleicht vollkommen dem «Wenlockshale» von England. Sowohl sie als «die über ihr liegenden Kalksteine, im Norden, Osten und Süden von Wisby, bis zu Högklinte «inclusive, gehören der Wenlockformation an. In dem Thone ist *Terebratula plicatella* und *T.* «*prisca* sehr häufig, mit ihnen kommen *Leptaena depressa*, *Spirifer cardiospermiformis*, *Orthis*

1) Es wird der Durchschnit bei Högklinte angeführt.

«*elegantula* Dalm., eine der Species *sericea* sehr nahe verwandte *Leptaena* und andere bekannte «Wenlockarten vor. Der darüber liegende Kalkstein ist ein röthlicher Enkrinitenkalk und geht «nach oben in einen grauen, concretionairen Kalkstein über, dessen Kalknieren an die Ball- «stones von Wenlock und Dudley erinnern. Aus diesen Kalksteinen wurden erhalten: *Cateni-* «*pora escharoïdes*, *Favosites Gottlandica*, *Stromatopora concentrica*, *Cystiphyllum helianthoides*, «*Porites pyriformis* und *Euomphalus funatus*, *E. alatus* und zwei oder drei *Crinoïden*. Diese Ver- «steinerungen aber lassen keinen Zweifel, dass die Kalksteine den Kalksteinen von Wenlock «und Dudley gleichzustellen sind. Obgleich auch die Schichten von Mittel- und Südgottland ge- «wöhnlich «horizontale» genannt werden, so glaubt Hr. Murchison doch an ihnen ein schwaches «Fallen nach Süden annehmen zu können, so dass sogar die obersten Kalksteine von Högklinte «sich bereits unter den Horizont des Meeres gesenkt hätten, bevor sie den Klinteberg er- «reichen. Hier nun, an dem hohen Profil dieses Berges, tritt ein Kalkstein auf, den Murchison «für jünger hält als den von Högklinte und im Norden der Insel; er nimmt sogar an, dass «der unter diesem Kalkstein liegende Thon mit Kalknieren (Shale) den Högklinter Kalksteinen «aufgelagert sei, obgleich dieses Verhältniss an keinem Durchschnitte zu sehen ist, da die ganze «Niederung zwischen Högklinte und Klinteberg mit nordischem Detritus bedeckt ist. Dieser «Shale setzt bis Djupviken fort und auch der Klinteberger Kalkstein zieht sich weiter nach «Süden und unterteuft, nach Murchison's Annahme, die Schichten von Grötlingbo, Burs- «vik und Hoborg; aber auch hier ist keine Auflagerung zu sehen, sondern die Altersbestim- «mung beruht hauptsächlich auf paläontologischen Gründen, die weiter unten angegeben werden.

«Der Verfasser bemerkt dass der Shale von Djupviken und Klinteberg mehr den untern «Ludlowschichten als dem Wenlock-Shale gleicht und macht besonders darauf aufmerksam, «dass bei Klinteberg die Enkriniten in der allerobersten Schicht vorwalten, während sie bei «Wisby in der untersten Schicht des Kalkflötzes auftreten. Er sieht hierin einen wesent- «lichen Unterschied zwischen beiden Lokalitäten und ist geneigt die Schichten von Klinteberg «dem *Aymestry*-Kalkstein und den unter diesem liegenden Schichten Englands, dem unteren «Ludlow, beizuzählen. Für diese Ansicht nämlich, dass die Klinteberger Schichten jünger «seien als die im Norden von Gottland, würde dann auch das Vorkommen der *Pentameren* und «der *Terebratula Wilsoni* bei Klinteberg sprechen; diese Muscheln sind in den nördlichen Kalk- «steinen nicht angetroffen worden[1]). Ferner werden *Orthoceras Ludense* und *O. annulatum* aus «dem Shale von Klinte als zwei Arten angeführt, die in England hauptsächlich in dem Thone «auftreten, der den Aymestry-Kalkstein unterteuft. Zugleich erwähnt der Verfasser aber auch, «dass mit diesen Ludlowpetrefakten zusammen bei Klinteberg andere vorkommen, wie *Leptaena* «*depressa* und *Terebratula plicatella* und zahlreiche Korallen, die man auch im Norden von «Gottland findet.

«In den Gesteinen von Südgottland, bei Grötlinbgo, Bursvik, Hoborg glaubt Hr. Mur- «chison eine dritte, noch jüngere Abtheilung der hiesigen Reihe zu erkennen, die sich

1) *Terebratula Wilsoni* habe ich bei Högklinte gefunden und *Pentamerus galeatus* führt Hr. Murchison in einer Tabelle (l. c. p. 29) aus dem Norden Gottlands an.

«paläontologisch und lithologisch von den Schichten Nord- und Mittelgottlands unterscheidet, «und die er der Ober-Ludlowformation Englands gleichstellt. Zu dieser Annahme führten ihn «vorzüglich die Annahme einer schwachen südlichen Neigung aller Schichten von Klinteberg «an; das Auftreten von Sandstein und Rogenstein bei Grötlingbo und Burswik, Gesteine, die «weder im Norden noch in der mittleren Region der Insel vorkommen, und das Erscheinen «von Versteinerungen in ihnen, die in England für den oberen Ludlow ganz bezeichnend sind, «wie *Avicula retroflexa*, *Leptaena lata* oder *Chonetes sarcinulata*, *Terebratula pulchra*, *Cypricardia «retusa*, *Pleurotomaria articulata*, *Turbo corallii*, *Agnostus tuberculatus*. Die Auflagerung dieser «südlichen Formation auf den Schichten Mittelgottlands ist aber ebensowenig irgendwo zu be- «obachten, wie die Auflagerung der Klinteberger Gesteine auf denen von Nordgottland, weil «auch hier die Grenzen der Formationen durch Schuttland verdeckt sind». — Wir hätten also, nach dieser Ansicht, auf Gottland eine von Nord nach Süd aufsteigende Reihe von dem grauen «Shale» im Norden der Insel, durch die Wenlockformation hindurch bis zu den Hoborger Kalksteinen, die den oberen Ludlow repräsentiren; in dieser erscheint denn auch schon ein Vorbote der Devonischen Reihe, *Calceola sandalina*, von der ich bei Lau, am Ostufer der Insel zwei Exemplare fand (s. Taf. 3, Fig. 19).

Die Kalksteine von Hoborg kann man an den dortigen schönen Gesteinsdurchschnitten deutlich auf dem Sandstein aufliegen sehen, der bei Bursvik und Grötlingbo ansteht. Hrn. Murchison's Anschauungsweise von den Gottländer Schichten differirt wesentlich von der Hissingers und von der meinigen; wir halten nämlich den Hoborger Sandstein für die älteste Schicht und glauben, dass der auf ihm liegende Kalkstein identisch sei mit dem von Lau, Klinteberg, Högklinte und dem ganzen Norden der Insel. Wäre der Sandstein und Rogenstein von Bursvik und Hoborg so alt, fährt Hr. Murchison fort, wie Hisinger und Helmersen annehmen (wäre er nämlich das Sohlengestein der Gottländer Wenlockgruppe), wie kommt es denn, dass wir in andern Gegenden Scandinaviens auch keine Spur weder von diesem Sohlengestein noch von den Versteinerungen dieser Schichtenreihe haben? An der Kinnekulle und überall in Schweden und Norwegen, wo man eine aufsteigende Reihe beobachten kann, ist der untersilurische Kalkstein, wo Hr. Murchison ihn beobachtet hat, von mächtigen Schichten von Grapholithschiefer überlagert und nirgends sieht man einen Rogenstein oder Sandstein auftreten, der lithologisch oder paläontologisch dem von Südgottland gliche. — Diess ist die Anschauungsweise Murchison's. Da die meinige von der meines Collegen und Freundes differirt, und da ich vorläufig bei meiner Ansicht verharre, so erlaube ich mir hier die Gründe anzugeben, die mich dazu veranlassen. Die Altersbestimmung sedimentärer Gebilde wird aus der Lagerung, der lithologischen Beschaffenheit und den organischen Resten abgeleitet. Von diesen drei Mitteln ist das erste, die Auflagerung, besonders bei ungestörten Schichten, wie die Gottländischen, gewiss das sicherste; es findet aber in Gottland nur eine beschränkte Anwendung; man kann mit Gewissheit sagen dass bei Högklinte der Enkriniten- und Korallenkalk auf grünlichgrauem Thon aufliegt, der grosse Kalkconcretionen

*

enthält (Shale). Ebenso deutlich liegt bei Hoborg ein ähnlicher Kalkstein unmittelbar auf Sandstein mit Rogensteinnestern. Der Klinteberger Kalkstein ist wohl auch ohne Zweifel einem «Shale» aufgelagert. Die Zwischenräume zwischen diesen drei Lokalitäten sind mit Schuttland bedeckt, und man hat bisher keinen einzigen Ort gefunden, wo es an Gesteinsdurchschnitten ersichtlich wäre dass der Kalkthon von Klinteberg den Kalkstein von Högklinte überlagert, und mithin jünger wäre als der sehr ähnliche Kalkthon (Shale) von Högklinte. Und ebenso wenig kennt man ein Profil, das da zeigte, dass der Sandstein von Bursvik den Klinteberger Kalkstein bedeckt, wie Hr. Murchison aus den früher angegebenen Gründen annehmen zu müssen glaubt.

Gehen wir zu dem lithologischen Charakter der Gesteine über, so sind die Kalksteine und die Kalkthone Gottlands überall dieselben, so dass man sie für identisch erklären muss. Der geübteste Oryktognost wird keinen Unterschied angeben können, zwischen Handstücken körnigen, rothgefleckten Kalksteins, die ich bei Korpaklinte bei Wisby, bei Högklinte und am Hoborg sammelte. Und in diesen Handstücken erkennt man genau dieselben rothgefärbten Enkrinitenstiele, dieselben Fragmente von Muscheln. Ebenso schwierig würde es sein irgend einen mineralogischen Unterschied aufzufinden zwischen der thonigen Schicht *c.* in Fig. 2. und derjenigen bei Djupviken, die so reich an manchen Versteinerungen ist, die man auch bei Wisby findet. Auch der Kalkstein am Lausberg hat eine auffallende Aehnlichkeit mit dem am Klinteberg und in dem Norden der Insel vorkommenden. Der Sandstein und Rogenstein sind freilich nur auf das Südende Gottlands beschränkt und bisher nirgends auf dem benachbarten Öland und dem Festlande Scandinaviens gefunden worden, wo er doch, nach Hrn. Murchison's Meinung erscheinen müsste, wenn er wirklich den geognostischen Horizont einnimmt, den Hisinger und ich ihm anzuweisen geneigt sind. Er müsste denn in Schweden mittelbar oder unmittelbar auf den dort verbreiteten unteren silurischen Schichten, als deren oberstes Glied aufliegen. Ich möchte aber an der Nothwendigkeit eines solchen Erscheinens zweifeln und z. B. in Erinnerung bringen, dass die obersilurischen Schichten Ehst- und Livlands, die so mächtig entwickelt und nach Osten bis Talkhoff, in der Nähe von Dorpat, verbreitet sind, dennoch den Meridian des Peipussees nicht erreichen. Daher sieht man denn in den Umgebungen St. Petersburgs devonische Schichten unmittelbar auf untern silurischen liegen, und es fehlen hier alle die Kalksteine und Dolomite des Obersilurischen jener Provinzen. Es hat sich also eine mächtige Gesteinsreihe auf einer Strecke völlig ausgekeilt, die nicht länger ist als der Abstand von Hoborg bis Öland, und weit kürzer als die Entfernung von Hoborg bis zu den untersilurischen Schichten am Wetternsee.

Somit würden, meines Erachtens, weder die Lagerungsverhältnisse noch der lithologische Charakter gegen die Identität aller Gottländischen Kalksteine und Kalkthone sprechen. Gehen wir nun zu den organischen Resten über. Ich werde der klareren Uebersicht wegen die hier folgende Tabelle mittheilen, welche die Versteinerungen angiebt, die an jedem der angeführten Punkte vorkommen, und entnehme diese Angaben der Tabelle des Herrn Murchison (c. l. p. 28, 29 u. 30) und meinen eigenen Aufzeichnungen. Dabei muss ich bemerken, dass Hr.

Murchison die Lokalitäten Högklinte, Papiermühle und Wisby mit dem Collectivnamen Nordgottland bezeichnet, Klinte oder Klinteberg und Djupviken sind gleichbedeutend mit Mittelgottland und Grötlingbo, Bursvik und Hoborg mit Südgottland. Versteinerungen, die Hr. Murchison nicht angiebt, die ich aber an einer auch von ihm besuchten Lokalität gefunden habe, sind mit * bezeichnet. Ueber die Identität oder Nichtidentität der von uns beiden aufgeführten Arten werde ich weiter unten das Nöthige mittheilen. Ich habe hier noch zu bemerken, dass Hr. Pander die Güte gehabt hat, mehrere Brachiopoden meiner Gottländischen Sammlung zu bestimmen, namentlich: *Leptaena transversalis*, *Lept. sericea*, *Pentamerus galeatus*, *Spirifer cyrtaena = interlineatus = tenuistriatus*, *Orthis rustica?*, *Orthis (Strophomena) pecten*, *Terebratula (Rhynchonella) nucula*, *Ter. (Rhyn.) borealis = plicatella*, *Ter. (Rhyn.) cuneata*, *Ter. (Rhyn.) marginalis*, *Ter. (Rhyn.) Wilsoni*.

Nordgottland. Korpaklinte, Papiermühle, Högklinte, Wisby.	**Mittelgottland.** Klinteberg, Djupviken.	**Südgottland.** Grötlingbo, Bursvik, Hoborg.	**Lau und Ljugarn** am Ostufer v. Mittelgottland.
	**Scyphocrinites elegans.*		
**Actiocrinites simplex* (Murch. Sil. Syst.	**Actiocrinites simplex.*		
Encrinites tessera-contadactylus Hisinger.	**Cyathocrinites rugosus* (Sil. Syst. Pl. 18).		*Cyathocrinites rugosus* His. L. S.
Hypanthocrinites decorus.	**Apiocrinites scriptus* H. Leth. Suec.	*Trochocrinites Portlock.*	
Terebratula semisulcata Dalm.	*Terebrat. plicatella (borealis).*	*Terebrat. pulchra* Sil. S.	
* — *plicatella* Dalm. (*lacunosa* Sil. Syst.)	— *reticularis (prisca).*	— *plicatella.*	*Terebr. plicatella.*
* — *reticularis* Linné, (*prisca*).	* — *cuneata.*	— *reticularis (prisca).*	— *reticularis.*
— *cuneata* Dalm.	— *Wilsoni.*		*Calceola Sandalina.*
— *Wilsoni* M. C.	* — *imbricata (marginalis).*		(Die Schicht, in der ich diese Muschel fand, gehört keinenfalls Südgottland an; denn Lau liegt an der Ostküste Mittelgottlands OSO. v. Klinteberg u. der Kalkstein bei Lau ist offenbar ein u. derselbe wie der bei Klinte.
— *imbricata* Sil. Syst., (*marginalis* Dalm.)			
— *canaliculata* Dalm.			
— *aspera (reticularis).*			
* — *nucula.*			
Pentamerus galeatus Dalm.	*Pentam. conchidium* D.		
Atrypa didyma.			
		Cyrtaena baltica Dalm.	
Spirifer caudatus.			
— *cardiospermiformis* D.	**Spirifer cardiospermif.*	*Spirifer cardiospermif.*	
— *cyrtaena.*	— *cyrtaena.*		
— *sulcatus* His.			

Nordgottland. Korpaklinte, Papiermühle, Högklinte, Wisby.	Mittelgottland. Klinteberg, Djupviken.	Südgottland. Grötlingbo, Bursvik, Hoborg.	Lau und Ljugarn am Ostufer v. Mittel-Gottland.
Spirifer octoplicatus.			
Atrypa? tumida Dalm.	*Atrypa tumida.*		
(*tenuistriata* Sil. S.)		*Strophomena* (*Orthis*)	
— *prunum* Wahlenb.	(*Orthis pecten*, nach His.)	*pecten* His. Leth. S.	
Orthis elegantula (*canalis* S.S.)	**Orthis elegantula.*	*Orthis elegantula.*	
— *calligramma.*	*Orthis rustica?*		
Leptaena transversalis.			
— *euglypha.*			
— *depressa.*	*Leptaena depressa.*		
— *sericea.*		*Leptaena sericea.*	
— *lepisma.*		— *Fischeri.*	
		— *lata* (*Chonetes sarcinulata* de K.)	
		Cypricardia carpomorphus (*cymbaeformis* Sil. Syst.)	
Tellina prisca (*Lucina?*).		*Lucina Hisingeri.*	
		— *sinuata.*	
		Avicula retroflexa (*Pterinea*).	
		— *aptera.*	
Cyterina baltica.		— *reticularis.*	
		Modiola (*Avicula*) *orbicularis affinis.*	
	Nucula costata.		
		Orthonota cingulata.	
Euomphalus discors.		*Euomphalus* (Steinkern)	
— *rugosus.*			
— *funatus.*			
— *carinatus.*			
— *alatus* Sil. Syst.			
	**Euomphalus catenulatus* His.		
Turbo (Steinkern).		*Murchisonia corallii* (*Turbo corallii*).	
		**Natica inflata.*	

NORDGOTTLAND. Korpaklinte, Papiermühle, Högklinte, Wisby.	**MITTELGOTTLAND.** Klinteberg, Djupviken.	**SÜDGOTTLAND.** Grötlingbo, Bursvik, Hoborg.	**LAU UND LJUGARN** am Ostufer v. Mittelgottland.
	Turritella cingulata.	*Turrilella cingulata?* (Steinkern.) (Kommt auch bei Oestergarn, also im nördlichen Gottland vor, Hisinger Leth. S. p. 39.)	
Orthoceras ludense (*communis* Wahlenb.	*Orthoceras ludense.*		
— *regulare.*	— *regulare.*		
— *imbricatam* Whlb.	— *imbricatum.*		
— *angulatum* His. (*virgatum* Sil. Syst.)	— *angulatum.*		
— *undulatum* His. (*annulatum* M. C.)	— *undulatum.*		
		Agnostus tüberculatus, de Verneuil).	
— *trochleare* His.	— *trochleare.*		
— *Ibex.*	— *Ibex.*		
	* — *fimbriatum.*		
		Forbesia concinna Volborth.	
Calymene bellatula His.			
* — *Blumenbachi.*	*Calymene Blumenbachi.*	*Calymene Blumenbachi.*	
	— *concinna.*		
Asaphus caudatus.	**Asaphus caudatus?*		
Cornulites serpularius.			
Caryophyllia truncata.	*Caryophyllia truncata.*		
Calamopora Gottlandica.	*Calamopora Gottlandica*		*Calamopora Gottlandica.*
— *polymorpha.*	— *polymorpha.*		
— *basaltica.*			
Stromatopora concentrica.			*Stromatopora concentrica.*
Catenipora escharoïdes.	*Catenipora escharoïdes.*		
Millepora repens (Gerölle).			
Cyathophyllum turbinatum.	*Cyathophyllum.*		
— *flexuosum.*	*Cyathoph. flexuosum.*	*Cyathoph. flexuosum.*	
Turbinolia turbinata.	*Turbinolia turbinata* (var. *echinata* His.)	*Turbinolia turbinata.*	
Porites pyriformis.	*Porites pyriformis.*		
Cyclolites nummismalis.			
Syphonia praemorsa (Gerölle.)		*Phacites Gottlandicus* H.	

Man ersieht nun aus der vorstehenden Tabelle, dass von 38 verschiedenen Arten, welche wir in Mittelgottland bei Klinteberg und Djupviken gefunden haben, 28 identisch sind

mit denen, die in Nordgottland bei Wisby und bei der Papiermühle vorkommen. Von 29 Arten, welche wir bei Grötlingbo, Bursvik und bei Hoborg an Gottlands Südspitze gefunden, sind freilich nur 8 Arten identisch mit denen von Mittelgottland und 6 identisch mit den Arten in Nordgottland; allein ich darf hier darauf aufmerksam machen, dass die wenigen, deutlich bestimmten Petrefakten, die ich in dem Kalksteine von Hoborg gefunden, nämlich *Cyathophyllum flexuosum*, *Turbinolia turbinata* und *Terebratula prisca*, und die vielen Enkrinitenstiele ganz dieselben sind wie im mittleren und nördlichen Theile der Insel. Dieser Kalkstein liegt aber auf Rogenstein und Sandstein, welche mit den nord- und mittelgottländischen identische Arten enthalten, nämlich *Terebratula reticularis* (*prisca*), *Ter. plicatella*, *Orthis elegantula*, *Leptaena sericea*, *Orthis pecten*, *Spirifer cardiospermiformis* und *Calymene Blumenbachi*. Mit diesen Arten kommen noch manche andere vor, die weder bei Klinteberg und Djupviken, noch bei Wisby und der Papiermühle gefunden worden sind, allein wenn wir sie genauer betrachten, so werden wir, glaube ich, keinen besonderen Grund finden die Schichten von Bursvik und Hoborg für jünger zu halten als die von Klinteberg und Djupviken. Es sind folgende Arten im Sandstein und Rogenstein von Bursvik:

Trochocrinites gottlandicus Pander.
Forbesia concinna Volborth (s. deren Beschreibung im Anhang).
Agnostus tuberculatus Verneuil.
Phacites gottlandicus.
Leptaena Fischeri.
Leptaena lata (*Chonetes sarcinulata*).
Cypricardium carpomorphus.
Lucina Hisingeri.
Lucina sinuata.
Avicula retroflexa.
Avicula aptera.
Avicula reticulata.
Avicula orbiculari affinis?
Orthonota cingulata?
Murchisonia corallii
Turbo corallii.
Natica inflata.
Turritella cingulata?

Hr. v. Pander hat die Güte gehabt den von mir mitgebrachten *Trochocrinites* zu beschreiben wie folgt:

TROCHOCRINITES PORTLOCK.

Trochocrinites Portl. Rep. on the Geol. of the County of Londonderry etc. 1843, p. 345.
Trochocrinus Giebel, Allg. Palaeontologie, 1852, p. 53.
Trochocrinus Pictet, Traité de Paléontologie. Sec. édit. 1857. Tom. 4. p. 345.

Formel des Genus Basalia 3?
Radialia 3 × 5.
Interradialia 8 × 4.
Analia unbekannt.
Anzahl der Arme: 40.

Die Basis besteht höchst wahrscheinlich aus drei mit einander verwachsenen Stücken. Ein jeder Strahl enthält drei Radialia, das Axillare (*Scapula*) mit eingeschlossen. Die beiden

unteren sind sechseckig und von gleicher Gestalt, das obere hat sieben Seitenwände, von denen die beiden obern zur Insertion der Arme bestimmt sind. Die Radialia werden durch acht Interradialia, die in drei regelmässigen Reihen auf einander folgen, verbunden; die unterste besteht aus einer einzigen grossen Platte, auf ihr ruhen drei kleinere und auf dieser vier noch kleinere, Fig. 1. u. 2. Das Gewölbe (*la voûte, de Koninck*) wird durch ähnliche, sehr kleine, ohne bestimmte Ordnung an einander liegende Schilderchen geschlossen. Die Analia waren nicht zu erkennen, da sie im Gestein verborgen sind.

Das dritte Radiale oder das Axillare dient zur Insertion zweier Strahlen, deren jeder aus zwei Stücken besteht, von deren oberem Rande eine neue Spaltung beginnt (Fig. 11, *b.*). die sich im weitern Verlauf noch einmal wiederholt, so dass die letzten Verästelungen vierzig an Zahl betragen. Zwischen der ersten Spaltung der Arme zeigen sich zwei kleine Interaxillaria, welche, so wie das weit nach oben reichende Gewölbe darauf hindeuten, dass der Kelch bei *Trochocrinites* sich über den Ursprung der Arme erstreckte.

Aus den Winkeln der fünfeckigen untern Fläche der Basis erheben sich gegen die obere Fläche hervorragende Leisten (Fig. 11, *c.*), welche gegen einander convergirend über die untere Hälfte der ersten Radialia hinübergehen und sich in deren Centrum mit einander vereinigen. Von diesem Punkte aus verlaufen sie, mit einander verschmolzen, als eine einfache scharf hervorstehende Rippe bis zum Ursprunge der Arme fort (Fig. 11, *a.*).

Diese fünf Dreiecke mit den aus ihnen entspringenden Rippen, die bei keinem anderen Crinoiden beobachtet waren, veranlassten Hrn. Portlock[1]) ein neues Genus *Trochocrinites* zu bilden, obgleich ihm nur die untere Hälfte desselben bekannt war und so viel wir wissen auch später nichts mehr bekannt wurde.

Bei oberflächlicher Beobachtung scheint eine gewisse Aehnlichkeit mit *Periochronites Austin*[2]) Statt zu finden, indem die Radialia gleichfalls mit erhabenen Rippen versehen sind und die Dichotomie der Arme sehr übereinstimmt, allein die Dreiecke an der Basis fehlen und die Anzahl der Interradialia ist viel geringer. Dreiecke von ähnlicher Gestalt finden sich bei *Cyathocrinites scrobiculatus* Hisinger[3]), allein sie gehen bei diesem nicht in Rippen über.

TROCHOCRINITES GOTTLANDICUS n. sp.

(Taf. 3. Fig. 11.)

Die Oberfläche der Platten des Kelches ist mit sternförmig aus dem Centrum derselben ausstrahlenden erhabenenen Streifen besetzt, uud hierdurch unterscheidet sich diese neue Species von dem einzig bis jetzt bekannten *Trochocrinites laevis* Portl., bei dem sie völlig glatt ist.

Pander.

1) Report etc. p, 345, Tab. 15. fig. 1.

2) Ann. and mag. Tom. II. 1843. Descriptions of several new Genera and Species of Crinoidea by Thom. Austin Esq. and Thom. Austin jun. p. 203. — Murch. Siluria Tab. 13. fig. 2.

3) Lethaea suecica. Suppl. 1840. p. 6, Tab. 39. fig. 4.

Alle bisher bekannt gewordenen *Forbesien* gehören obersilurischen Schichten an; *Forbesia concinna* kommt auf der Insel Oesel vor. Bei Bursvik und Hoborg findet sie sich aber zusammen vor mit *Calymene Blumenbachii*, einem Trilobiten, den man auch in den untersilurischen Schichten Ehstlands häufig findet. *Forbesia concinna* würde also nicht als Beleg dafür angeführt werden können, dass die Bursviker Schichten jünger sind, als die von Mittelgottland. — In demselben Handstücke aus Bursvik, in welchem Hr. v. Volborth die *Forbesia concinna* fand, habe ich ein Pygidium der *Calymene Blumenbachii* gefunden, das Taf. 3. Fig. 11. abgebildet ist. Hr. Murchison führt in seiner Siluria, 1. Aufl. p. 86, diese Calymene als eine für die Caradocformation karakteristische Art an.

Agnostus tuberculatus ist in der oben erwähnten Tabelle der Murchisonschen Abhandlung mit einem Fragezeichen bezeichnet und sein Vorkommen daher noch nicht definitiv festgestellt.

Phacites Gottlandicus, *Lucina Hisingeri*, *Lucina sinuata*, *Avicula aptera* sind Arten, die, meines Wissens, ausser Gottland noch nicht vorgekommen sind und entscheiden also in der vorliegenden Frage auch nichts.

Orthis Pecten kommt nach Hisingers Zeugniss (Leth. Suec. p. 70) nicht nur in dem Kalkstein von Klinteberg, sondern auch im Thonschiefer von Westergothland bei Ålleberg häufig vor. Die Schichten in Westergothland sind aber untersilurische.

Leptaena sericea kommt, wie es scheint, sehr häufig in den untern silurischen Schichten Ehstlands vor. Schmidt führt sie an 9 verschiedenen Orten in diesen Schichten an[1]). Dagegen scheint sie den obern Silurschichten Ehstlands und Livlands zu fehlen. Ihr Vorkommen bei Hoborg und Bursvik im Sandstein und Rogenstein würde also auch dafür sprechen, dass diese Gesteine älter sind als die von Mittel- und Nordgottland.

Leptaena Fischeri ist freilich eine devonische Art, die in Russland in devonischen Schichten vorkommt, aber sie entscheidet, wie ich glaube, auch nicht für ein jüngeres Alter der Bursviker Schichten im Vergleiche zu denen von Klinteberg, da *Calceola Sandalina*, eine devonische Art Westeuropa's, auf Gottland bei Lau in einem Kalksteine vorkommt, der ohne Zweifel gleichen Alters mit dem von Klinteberg ist. Lau aber liegt, wie die beigefügte kleine Karte zeigt, nicht in Südgottland, sondern in Mittelgottland.

Leptaena lata Buch oder *Chonetes sarcinulata* de Koningk hat in seinen verschiedenen Varietäten in fast allen paläozoischen Perioden gelebt. Sie soll nach Eichwald bei Reval, auch in Schonen in Schweden, also im Untersilurischen, in Lithauen (nach Buch, Jahrb. f. Mineral. 1832, p. 109) im Obersilurischen vorkommen. In den obersilurischen Schichten von Westmoreland in England und am Rhein ist sie sehr häufig. In Devonshire und in der Eifel findet sie sich in devonischen Schichten, und im Bergkalk bei Moskwa und an der Dwina. In Schichten des Permischen Systems tritt sie am Beloje See im Gouvernement Novgorod auf (Verneuil u. Keiserling, Géologie de la Russie 2 Vol. p. 242). Sie bestimmt also auch nicht das Alter der Hoborger Gesteine.

---

1) Schmidt, Untersuch. über d. Silurische Formation von Ehstland, Nord-Livland und Oesel. Dorpat 1857.

Cypricardium carpomorphus Dalm., *cymbaeformis* Silur. Syst. ist eine Muschel aus dem obern Ludlow.

Avicula reticulata gehört nach Murchison dem Aymestry-Kalksteine, dem untern Ludlow und Wenlockkalksteine an. Hisinger (Leth. Suec. p. 57) führt sie auch aus dem Thonschiefer bei Âlleberg in Westergothland an, also aus untersilurischen Schichten.

Die *Avicula* (*Pterinea*) *retroflexa*, die Hisinger in seiner *Lethaea suec.* beschreibt und abbildet p. 57, Taf. XVII. fig. 12, ist sicherlich nicht dieselbe Muschel, welche Murchison in seinem *Silurian System* Pl. 5. fig. 9. unter demselben Namen und *Siluria* Pl. 23. fig. 17. unter dem Namen *Pterinea retroflexa* abbildet. Diese Bemerkung haben schon d'Orbigny (Prodrome de Paléontol. T. I. p. 33) und Raimund Pacht (Geol. Unters. in d. Gouv. Woronesh, Tambow, Pensa und Simbirsk, in den Mem. der Kais. Russ. Geogr. Ges. Bd. XI. p. 97) und Fr. M'Coq (A Synops. of the Silur. Foss. of Ireland, Dubl. 1846, p. 22) gemacht. M'Coq bildet c. l. Taf. 11. fig. 11. eine Muschel ab, die er *Pterinea squamosa* nennt und von der er vermuthet, dass sie Hisingers *Avicula retroflexa* sei. M'Coq's Zeichnung und Diagnose stimmt so sehr mit den Exemplaren der *Avicula retroflexa* überein, die ich bei Bursvik auf Gottland fand, dass ich nicht an der Identität beider Muscheln zweifle. Um die englische Art mit der gottländischen vergleichen zu können, habe ich sie neben einander zeichnen lassen, Taf. 3. Fig. 7. u. 8., und zwar die Gottländische Art nach einem von mir aus Gottland mitgebrachten Exemplare. In Murchison's Siluria p. 191 ist gesagt, dass die englische *Pterinea retroflexa* auch im untern Silurischen vorkommt. Sie geht vom Caradocsandstein (bei Malvern) bis zum Tilestone im Ludlow durch. Die Gottländische Art bezeichnet also in keinem Falle obere silurische Schichten. Pacht hat in den devonischen Schichten bei der Stadt Jelez im Gouvern. Orel eine *Avicula* gefunden (c. l. Tab. IV. fig. 3.), die der im *Silurian Syst.* abgebildeten viel näher kommt als der Gottländischen Muschel und vielleicht mit ihr identisch ist. Somit kann, meines Erachtens, das Vorkommen von *Avicula retroflexa* Hisinger in den Bursviker und Hoborger Sandsteinen keinen Beweis für deren jüngeres Alter abgeben. Wie mich däucht könnte man mit demselben Rechte, mit welchem man diese beiden Arten für identisch erklärt, auch behaupten, dass eine *Modiola* (*Avicula*), deren Steinkerne ich in Bursviks Sandstein fand, Taf. 3. Fig. 10., die *Modiola* (*Avicula*) *orbicularis* sei, die in Murchisons Siluria (1. Ausgabe) Pl. 9. Fig. 1. abgebildet und eine Caradoc-Muschel, also eine untersilurische ist. Sie haben in der That nicht weniger Aehnlichkeit von einander als jene beiden Muscheln und man könnte nun sagen, dass *Calymene Blumenbachii*, *Avicula reticulata*, *Modiola* (*Avicula*) *orbiculari affinis* und *Orthis Pecten*, die alle im Bursviker und Hoborger Sandstein vorkommen, darauf hindeuten, dass derselbe den älteren silurischen Schichten angehört.

Die übrigen in obenstehender Liste angeführten Muscheln aus dem Sandsteine vom Südgottland sind obersilurische.

Orthonata cingulata? Ich besitze in meiner Gottländischen Sammlung ein Fragment einer Muschel, das mir zu dieser Art zu gehören scheint; das wäre denn allerdings eine obere

*

Ludlowmuschel. Auch eine *Nucula* von Hoborg ist da, aber nicht gut genug erhalten, um eine genauere Bestimmung zuzulassen.

Somit würden weder die lithologischen Kennzeichen, noch die organischen Reste und die Lagerungsverhältnisse die Ansicht vollkommen begründen, dass Gottland aus drei silurischen Etagen besteht, wie sie mein verehrter Freund und College Murchison, gegenüber Hisinger und mir, angenommen hat; und aus Allem, was ich oben auseinandergesetzt, kann man mindestens mit demselben und vielleicht mit grösserem Rechte den Schluss ziehen, dass alle Kalksteine und Kalkthone Gottlands ein und derselben Etage angehören und jünger sind als der Sandstein und Rogenstein in Südgottland. Um diese Meinungsverschiedenheit noch anschaulicher zu machen, betrachte man die beiden auf Taf. 3. befindlichen Profile, von denen № 19 die Ansicht Murchisons, № 20 aber die Ansicht ausdrückt, bei der ich beharren zu müssen glaube, bis durch den Beweis der Auflagerung und vollständige paläontologische Beweise deren Unhaltbarkeit erwiesen wird. Ich werde jede Belehrung mit Dank annehmen und mich ihrer freuen.

(Bis hierher war meine Abhandlung bereits gedruckt als Hr. Dr. Schmidt in Dorpat mir seine Schrift zusandte: «Untersuchungen über die Silurische Formation von Ehstland, Nord-Livland und Oesel» (im 2. Bande des Archivs für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands. 1858. Dorpat); bald nachher wurde ich auch mit Herrn Kjerulfs Arbeiten über die silurischen Schichten Norwegens bekannt und mit Hrn. Murchison's Artikel im Februar-Hefte 1858 des Quarterly Journal of the Geol. Society, betitelt «The Silurian Rocks and fossils of Norway as described by M. Kjerulf, those of the Baltic Provinces of Russia by Prof. Schmidt and both compared with their British Equivalents.

Ich habe aus diesen Schriften keine Gründe entnehmen können meine Anschauungsweise der Gottländischen Schichtenfolge zu ändern.)

Nachdem ich nach Westervik zurückgekehrt war, begab ich mich nach dem Städtchen Berg am Göthakanal; der Weg ging über Linköping und ist reich an erratischen Erscheinungen mancher Art. In Schweden hat Seefström sie so sorgfältig studirt, wie wohl kaum ein anderer Beobachter, und es ist um so mehr zu bedauern dass seine Beobachtungen nicht alle bekannt geworden sind.

Von Westervik an steigt man allmälig auf einem coupirten, bergigen Terrain an. Bis zur Hälfte des Weges nach Berg entwickeln sich immer höhere und schroffere Berge von Granitgneiss und Quarzfels, die oft recht tiefe und enge, an andern Stellen aber breitere Thäler einschliessen, von denen manche durch Seen, Sümpfe und Flüsse eingenommen sind. Die Gegend trägt ganz und gar Finnlands Charakter, nur stehen in Schweden zwischen hohen Fichten auch die schönsten Eichen-, Schwarzellern- und Ahornbäume. Die Ansichten sind oft recht malerisch, so namentlich zwischen den Stationen Dalhem und Orsåter. Kornfelder und Wiesen, begleitet von hölzernen Bauerwohnungen und einzelnen Rittergütern, sind oasenartig in der ungeheuren Granit- und Geschiebewüste zerstreut. Gegen Linköping hin wird aber der Karakter milder, die Höhen werden geringer, die Thäler weiter und flacher. Die Kornfelder vereinigen sich

allmälig zu grossen Gruppen und wechseln mit schönen Wiesen ab; die einzelnen, immer rundlichen Granitkuppen erscheinen nun ihrerseits inselartig in grossen Saatebenen, die Wohnungen werden häufiger. Auf dem ganzen Wege an unzählig vielen Orten kann man Åsar von Sand und Steinen, Schliffflächen mit und ohne Schrammen und einzeln zerstreute erratische Blöcke sehen. An einigen der letzteren fiel ihre sonderbare Lage, dicht an einem steilen Abhange, auf (Fig. 5). Sie müssen, besonders da sie meist abgerundet sind, langsam und behutsam an ihre jetzige Stelle getragen worden sein, denn widrigenfalls mussten sie in die Tiefe rollen. Eckige, scharfkantige Blöcke sind hier unter den erratischen sehr selten; wo sie erschienen, waren es in der Regel die zertrümmerten Ausgehenden eines an demselben Orte anstehenden Granites oder Gneisses.

Berg ist eine Kanalstation, dicht am Roxensee. In einem grossen, 6—7 Faden tiefen, Steinbruche sind hier untersilurische Schichten aufgedeckt, mit *Asaphus expansus*, *Orthoceratites vaginatus*. Es sind horizontale, an einzelnen Stellen schwach gebogene grünlichgraue Kalksteinschichten, die mit gelblichen nnd röthlichgrauen wechseln. Der rothgraue ist auch grünlich und gelblich gefleckt. Diese Schichten sind voller Klüfte und kleiner Höhlungen; die dickern von ihnen werden zu Bausteinen gebrochen; kleinere Kalksteinstücke aber brennt man zu Kalk, der bis Stockholm versendet wird. Unter den Kalksteinen, auf dem Boden des Steinbruchs, liegt grauer Schieferthon. Die Aehnlichkeit dieser Kalksteine mit den silurischen Kalksteinen bei St. Petersburg und an der Küste Ehstlands ist vollkommen, so dass man sie verwechseln könnte.

Von Berg begab ich mich über Husbyfjöl nach Motala, schiffte mich hier auf einem Dampfboote nach der Stadt Hjo ein, die am Westufer des Wetternsees liegt, und erreichte bald, bei dem Städtchen Sköfde, den östlichen Fuss des Berges Billingen. Die Gegend zwischen beiden Städtchen ist flachhügelig und einförmig, mit Sand und vielen Blöcken bedeckt; allein man übersteigt auf diesem Wege einen ansehnlichen Gneisszug, der in einiger Entfernung vom Westufer des Wettern, von N. nach S. streicht. Dieselbe nordsüdliche Richtung hat nun auch die grosse Gruppe der acht Trappberge, die in Skaraborgslän, zwischen dem Wenern und Wettern liegt, und von Alters her die Aufmerksamkeit der Geologen in so hohem Grade in Anspruch genommen hat. Die Gruppe beginnt im Norden mit dem grössten dieser Berge, dem Billingen; ihm zunächst liegen der Brumum und Borna; dem Borna folgen weiter im Süden und ziemlich genau auf einer Linie: der Högstena, Färedal und Gisse; westlich von ihnen erheben sich dann noch der Olleberg und Mosseberg in der Gegend von Falköping. Kinnekulle, der bekannteste uud besuchteste Trappberg dieser Gegend, gehört, genau genommen, nicht mehr zu dieser Gruppe und liegt bekanntlich dicht am Südufer des Wenersees. — Etwa 3 Werst nordöstlich von Sköfde zieht sich eine Schlucht am Billingen hinauf, die sich oben am Rande des Berges zu einer Felskluft mit senkrechten Wänden verschmälert. Durch sie führt ein Fusspfad auf das ebene, waldige, sumpfige Plateau des Berges. Die untere Hälfte des Billingen, wie aller anderen hiesigen Trappberge, besteht bekanntlich aus horizontalen untersilurischen Schichten, die unmittelbar auf Gneiss liegen; die obere Hälfte aber aus

einer ebenfalls horizontal gelagerten, bis 40 und mehr Fuss mächtigen Trappmasse. Am Fusse des Billingen sind den silurischen Schichten grosse Sand- und Geschiebe-Åsar vorgelagert, die sich von Nord nach Süd erstrecken. Erst wenn man in jene Schlucht gelangt ist, in der Alaunschiefer ausgebeutet wird, erblickt man anstehendes Gestein. Es folgten einander in aufsteigender Ordnung:

a) Aschgrauer Thonschiefer, locker und zerklüftet, mit Zwischenlagen sehr dünnschieferigen, harten, klingenden Thonschiefers. Er umschliesst grosse Kalkconcretionen und ocherrothgefärbte Partieen.

b) Sehr milder, rothbrauner Thonschiefer mit Abdrücken von *Fucus*.

c) Dichter, hellgrauer Kalkstein, durchzogen von horizontalen dünnen, undulirten Lagen eines dunkler gefärbten, härtern Kalksteins. An den verwitterten Felswänden stehen diese Zwischenlagen, die dem Angriff der Atmosphärilien besser widerstehen, aus dem Hauptgestein hervor, und geben den Entblössungen ein sehr auffallendes Ansehn.

d) Gelbgrauer, etwas kalkhaltiger Thonschiefer an der linken Seite der Schlucht; an der rechten liegt auf dem gebänderten Kalksteine ein schwarzgrauer, milder Thonschiefer. Hier lagen nun schon sehr viele eckige, von der Höhe herabgestürzte Trappblöcke umher.

e) Der sogenannte *Trapp*, hohe, senkrechte Felswände und Klippen bildend und wie Basalt in dicke, senkrecht stehende Säulen zerklüftet, die oft mehrere Fuss im Durchmesser und 4 bis 6 und 7 Kanten haben. Durch diese Säulen gehen Querrisse hindurch und trennen sie auf diese Weise in Glieder, deren Höhe bald geringer, bald grösser als die Dicke der Säulen ist (Fig. 6. u. 7).

Dieses Gestein, obwohl von manchen Geologen und Oryktognosten beobachtet und beschrieben, ist dennoch nicht mit Sicherheit bestimmt worden. Man hat es bald mit dem etwas vagen Namen Trapp belegt, bald Grünstein, auch Dolerit und Basalt genannt. Von allen diesen Namen ist Basalt wohl der unrichtigste, und nur die säulenförmige Zerklüftung konnte die Veranlassung zu dieser Benennung geben. Am Billingen, am Hunneberg und Halleberg, wo ich es beobachtete, zeigt es ein feinkörniges Gefüge, eine schwärzlichgraue, bisweilen in dunkles Grün ziehende Farbe, wirkt attraktorisch auf die Magnetnadel. An etwas grobkörnigern Stücken unterscheidet man schon mit unbewaffnetem Auge einen hellen und einen dunkel gefärbten Bestandtheil; wenn man solche Stücke zu Sand zerpocht und diesen durch die Lupe betrachtet, so erkennt man zwei dunkel gefärbte Bestandtheile, von denen der eine schwarz und metallisch glänzend, Magneteisen, der andere ohne solchen Glanz und von grünlich schwarzer Farbe ist, Hornblende oder Augit. Das helle Mineral zeigt bisweilen deutliche Spaltungsflächen und Glasglanz; man muss es für Albit oder Labrador, jedenfalls für ein Feldspathmineral halten. Eisenkies ist in kleinen Körnern sparsam eingemengt; Olivin ist noch nie darin gefunden worden. Obwohl es nun olivinfreie Basalte giebt, so passt diese Benennung nicht wegen der körnigen Beschaffenheit des Gesteins und es bleibt, wie mir scheint, nur die Wahl zwischen Dolerit, Diorit und Grünstein. Auf den Klüften und

an der Oberfläche überzieht sich das Gestein oft mit einer braunen, ochrigen Verwitterungskruste. Ich fand am Billingen kleine concentrisch-schalige Kugeln dieses Gesteins, in deren Centrum sich jedesmal ein runder Kern von 2 bis 3 Zoll Durchmesser vorfand, der nicht mehr schalig ist, und in welchem die drei Bestandtheile deutlicher auseinander treten als an der Hauptmasse des Gesteins. Sie bestehen ganz aus krystallinisch körnigen Zusammensetzungsstücken. Nachdem ich lange danach gesucht fand ich endlich auch ein Stück, in welchem Thonschiefer und Trapp im Contact mit einander sind, und so scharf ist die Gränze zwischen beiden, dass man sie mit dem Rücken eines Messers bedecken kann: der Thonschiefer schwarz, nur ein wenig gehärtet, sonst durchaus unverändert. Die unmittelbar und fest mit ihm verwachsene, also allertiefste Partie seines Dachgesteins, bietet in jenem Handstücke ein dichtes, gelblichgraues Feldspathgestein dar, in welchem mikroskopisch kleine schwarze Pünktchen und Eisenkiespünktchen zu sehen sind. In einem Abstande von 8 bis 9 Linien von der obern Thonschieferfläche ändert sich das Ansehn des Gesteins; es geht in ein eigenthümliches, brekzienartiges Gemenge von schwarzem Thonschiefer und grünlich gefärbtem, sehr feinkörnigem oder dichtem Feldspath über. Ich wäre geneigt das Feldspathmineral für Albit, den dunkelgrünen oder schwarzen Gemengtheil für Hornblende, und somit das Gestein für Diorit zu halten, will aber, bei der Schwierigkeit, welche die Bestimmung dergleichen inniger Gemenge von Albit und Hornblende, Augit, Labrador oder Oligoklas darbietet, kein Gewicht auf meine Meinung legen[1]). Hausmann benannte den Trapp des Mössebergs und Ollebergs: Grünstein (Reise durch Skandinavien in den J. 1806 u. 1807. 1. Theil. p. 170). Sehr auffallend bleibt es immer dass bis jetzt kein Beobachter, weder am Billingen, noch an einem der andern Berge Trappgänge nachweisen konnte, die die silurischen Schichten durchsetzen, und doch muss es hier Orte geben, wo dieses pyrogene Gestein aus dem Erdinnern an die Oberfläche hervortrat. Solche Gänge müssen ja auch in dem Gneiss aufsetzen, der in Schweden den Untergrund aller jüngern Gebilde ausmacht. Der Grund dieses Nichtauffindens mag darin liegen dass das Land mit so gewaltigen Diluvialmassen überschüttet ist, die Alles verdecken. Bei Stockholm kommen Gänge dichten Diorits im Gneiss vor.

Auf dem Plateau des Billingen erheben sich einzelne Trappkuppen, an denen man schöne Schlifflächen beobachten kann, die beweisen, dass wohl alle diese Trappberge Schwedens der Wirkung der Diluvialfluthen ausgesetzt gewesen sind, und noch viel deutlicher wurde diess als ich von Sköfde nach Klosteret und Skara reiste, die auf dem Wege nach Wenersborg liegen. Der Weg ging von Sköfde an der nördlichen Seite eines tiefen Querthales hin, das den Billingen in zwei Hälften theilt, und dessen Hauptrichtung hor. 7 NW. nach SO. ist. Am Eingange des Thales erhebt sich der Weg auf horizontalen Schichten dichten, grauen und bläulichgrünen, rothgefleckten Kalksteins, der grosse Orthoceratiten und Pygidien von *Asaphus expansus* in Menge enthält; ganz ähnlich dem Petersburger Kalkstein. Ungeheure Massen von Granit-,

1) Keilhau (Gaea Norvegica, 1. Heft) beobachtete in einigen, basaltartigen Gängen Norwegens, ausgebildete Augitkrystalle.

Gneiss- und Dioritgeschieben sind hier angehäuft; der Weg steigt auf ihnen hinan, auf der höchsten Stelle aber erreicht man anstehenden Trapp. An beiden Seiten des Thales kann man auf dem Trapp glattgeschliffene Flächen und auf ihnen tiefe Schrammen sehen, die zumeist hor. 2 NO. nach SW. streichen, sich aber auch unter Winkeln von 20 bis 30 Grad schneiden. Einige Schrammen massen $^3/_4$ Zoll in die Breite und waren bis 6 Linien tief. Die Südseite der Trappfelsen war in der Regel scharfkantig, nicht abgeschliffen wie die Nordseite; eine Erscheinung, die sich auch an allen Granit- und Gneisskuppen Skandinaviens und Finnlands wiederholt und schliessen lässt, dass die reibenden Massen sich von Nord nach Süd bewegten. Zur Zeit dieser Bewegung muss aber das Querthal des Billingen schon dagewesen sein, und der Diluvialstrom setzte in demselben seine Geschiebe massenhaft ab.

Vom Gipfel des Billingen eröffnete sich eine weite Aussicht nach Westen; Klosteret liegt am Westfusse des Berges; ehe ich das Oertchen erreichte, erschien der Orthoceratitenkalk wieder, ganz von derselben Beschaffenheit wie bei Sköfde. Dann wurde die Gegend eben, in der Entfernung erblickte man den Kinnekulleberg und bald gelangte ich auf ein grosses Gneissplateau mit einzelnen, niedrigen, aber steilen Hügelzügen desselben Gesteins, die eine Richtung von N. nach S. hatten und in denen der Gneiss ein westliches Fallen zeigt. Er ist flaserig und sehr gewunden. Alle diese Bergkuppen sowohl, als auch der flache Gneissboden, sind fast ohne Ausnahme geschliffen und oft geschrammt. Die Schrammen verlaufen immer mit Modificationen von N. nach S. und man sah welche, die 1 Zoll breit und $^1/_2$ Zoll tief waren, z. B. zwischen den Poststationen Hökatorp und Grästorp. An der Südseite (Leeseite) der Hügel, die immer scharfkantig, im Gegensatze zum abgeschliffenen Nordabhange ist, sah man oft grosse Geschiebe angehäuft. So gelangt man an den Hunne- und Halleberg, am Wenersee, an denen die Gesteine des Billingen und ganz unter den nämlichen Verhältnissen, wieder auftreten, jedoch mit dem Unterschiede, dass an beiden Bergen nur die zwei untersten Glieder der hiesigen Silurformation, nämlich der Sandstein und Alaunschiefer zu sehen sind. Der Trapp liegt unmittelbar auf letzterem, und es fehlen also hier die beiden oberen Glieder, der Orthoceratitenkalk und der Thonschiefer, die am Billingen und allen andern Trappbergen in Skaraborgslän so entwickelt sind. Der Hunne- und Halleberg sind, so zu sagen, Zwillingsberge, durch ein tiefes, enges Thal getrennt, in welchem die Station Munkesteen liegt. Man möchte kaum bezweifeln, dass sie einstmals zusammenhingen, wie dies auch von den beiden Hälften des Billingen sehr wahrscheinlich ist.

Der Gneiss, der an der Westküste Schwedens so verbreitet ist, zieht sich bis an den Fuss des Hunne- und Hallebergs heran, und bildet auch hier wahrscheinlich das Grundgebirge. Der auf ihm liegende Sandstein ist von derselben Beschaffenheit, wie am Billingen, ziemlich fest, feinkörnig, weisslichgrau. Der nach dem Sandstein folgende Alaunschiefer besteht aus mehreren verschiedenartigen Lagen (wie am Billingen) und enthält auch Concretionen und dünne Zwischenlagen schwarzen, bituminösen Kalksteins. In den oberen Teufen ist er oft sehr milde, sogar abfärbend. Der ihn unmittelbar überlagernde Trapp ist von dem am Billingen vorkommenden auch nicht zu unterscheiden; er nimmt bei weitem die grössere Hälfte der hier aufge-

schlossenen Profile ein und ist in senkrechte, scharfkantige Säulen zerklüftet. An den Contactpunkten mit dem Alaunschiefer ist er in der Regel so innig gemengt, dass man selbst mit der Lupe die beiden Hauptbestandtheile kaum unterscheiden kann. Nach oben hin wird sein Korn gröber, und man erkennt oft schon mit unbewaffnetem Auge das helle und dunkle Mineral.

Zwischen Munkesteen und Wenersborg passirt man die wasserreiche Götaelf, die von wilden Gneissfelsen eingeengt, in Stromschnellen, brausend dem Wenersee entfliesst. Ich schiffte mich in Wenersborg auf einem Dampfboote nach Göteborg ein. Man bleibt auf dieser Fahrt immer im Gneiss, der sich höher und höher zu ansehnlichen, waldlosen Bergen erhebt, und kann am Trollhättakanal häufig jene Hügel blaugrauen Thones beobachten, der mit subfossilen Muschelschalen angefüllt ist von Arten, die noch heutigen Tages in der Nord- und Ostsee leben. Das sind nun die merkwürdigen Lager, die auch bei Göteborg, Udevalla und in andern Küstengegenden, nur in geringerer Meereshöhe, wiedererscheinen und unumstösslich beweisen, dass Schweden und Norwegen in der gegenwärtigen Periode der Erdbildung dem Meere entstiegen sind. Und mitten durch diese Lager und den sie tragenden Gneiss hindurch hat die Kunst einen bequemen Wasserweg geschaffen, auf welchem befrachtete Fahrzeuge durch ganze Berge hindurchfahren, während die Mannschaft unten im Thale die schönen Cascaden von Trollhätta bewundert. Es ist in der That ein ungewöhnliches Schauspiel. Bei den berühmten Schleusen angekommen, verlässt man das Dampfboot um die Cascaden der Götaelf zn sehn; man steigt zu diesem Zwecke von der Höhe ins Thal, dicht an die Elf hinab. Wenn man nun auf der Wanderung rückwärts schaut, sieht man von Zeit zu Zeit den Schornstein des Dampfers in bedeutender Höhe. Das Fahrzeug rückt allmälig von Schleuse zu Schleuse vor und tritt nach Umgehung der Cascaden wieder in die Götaelf ein.

Ueberall, auch bei Göteborg selbst, bleibt Gneiss immer die herrschende Felsart. Aber ich glaube bemerkt zu haben, dass er hier häufiger mit Granit wechselt, als z. B. in der Gegend von Stockholm und in Södermanland. Bei Göteborg bildet der Granit lagerartige Massen im Gneiss, ist grobkörnig und sein Feldspath meist von fleischrother Farbe, der Quarz grau, der Glimmer spärlich vertheilt und schwarz. Dicht bei der Stadt, an deren Nordseite, hatte man zum Behufe eines grossen Baues tiefe Gruben in einem feinen, plastischen, grauen Thone gegraben, in welchem subfossile Meeresmuscheln in grosser Menge eingehüllt sind. Am häufigsten fanden sich *Buccinum undatum*, *Rostellaria pes Pelicani*, *Turritella terebra*, *Cardium echinatum*, *Venus boreali affinis;* es scheinen solche Muschellager in Schweden eine sehr grosse Verbreitung zu haben, es wäre aber doch von grossem Interesse diese recht genau zu bestimmen, weil man dadurch die Grösse und die Gestalt des Raumes kennen lernen würde, der in der jüngst verflossenen geologischen Periode noch vom Meere bedeckt war. Der Seeweg von Göteborg nach Christiania führte an einer reichen Schärenwelt vorbei. Am Eingange in den schönen Fiord von Christiania legten wir am Abend des $^{11}/_{23}$. Juli auf einige Stunden vor Anker; er wurde aber schon vor Sonnenaufgang wieder gelichtet und wir langten gegen Mittag des folgenden Tages, am $^{12}/_{24}$. Juli, nach einer Fahrt von weniger denn 24 Stunden in Christiania an und ich betrat diesen, durch die Forschungen Leopold v. Buch's für die Geologie klas-

sisch gewordenen Boden. Auf jedem Schritt und Tritt, in manchen Strassen der Stadt selbst und überall in ihrer nächsten Nähe sieht man die interessantesten, lehrreichsten Erscheinungen, die in Keilhau's schönem Werke, *Gaea Norvegica*, meisterhaft geschildert und bildlich dargestellt sind.

Christiania. Als Leopold v. Buch, im J. 1806, Norwegen bereiste, war er 30 Jahre alt, hatte die Freiberger Akademie, wo er Schüler und Pensionair Werners gewesen war, schon vor 10 Jahren verlassen, hing aber noch der neptunischen Lehre von der Entstehung der Gesteine an, wie er sie aus dem beredten Munde des Lehrers gehört. Im 3. Capitel, p. 97, seines denkwürdigen Werkes: «Reise durch Norwegen und Lappland» (Berlin 1810) schreibt er: «Ich war ziemlich vorbereitet, in diesem Theile von Norwegen die Uebergangsfor-«mation zu finden, wahrscheinlich mit allen den Gebirgsarten, welche dieser Formation eigen «sind. Allein ich fand mehr; Gesteine, welche man dem Uebergangsgebirge nie zugetraut hätte, «und die sich doch hier mit einer Deutlichkeit der Lagerung zeigen, dass man über ihre Ver-«hältnisse in dieser Hinsicht nicht zweifelhaft bleiben kann. Hat man ihre wahre Natur richtig «erkannt, so wird man gewiss Christiania mit der Ueberzeugung verlassen, dass aus dieser «Gegend die Geologie reichen und grossen Gewinn schöpfen kann, und dass sie wahrscheinlich «für Geologie die wichtigste des ganzen Nordens ist. Porphyr in mächtigen Bergen auf ver-«versteinerungsvollem Kalkstein gelagert; auf diesem Porphyr ein Syenit, der fast nur aus «grobkörnigem Feldspath besteht, und auf gleiche Art ein Granit in seiner Zusammensetzung «vom Granit der ältesten Gebirge durchaus nicht verschieden. Granit über Versteinerungskalk! «Granit als ein Glied der Uebergangsformation! Vielleicht hätte ich mich noch lange gesträubt, «diese sehr ungewohnte, und fast ganz neue Verhältnisse anzuerkennen, hätte nicht Hr. Haus-«mann, mit seinen genauen und scharfsichtigen Blick, den grössten Theil dieser Gegenden «eher durchforscht, als ich sie besuchte, und hätte er nicht mein Urtheil bestimmt und geläu-«tert.» Nachdem Hr. v. Buch nun die Porphyr- und Grünsteingänge beschrieben hat, die das Uebergangsgebirge bei Christiania durchsetzen, ruft er aus: «Solche Massen, und in solcher «Menge durch Versteinerungskalk, sind wohl an andern Orten noch nicht gesehen worden. «Diese Porphyre müssen allen Ansprüchen auf einen Platz zwischen den primitiven Gebirgs-«arten entsagen; liegen schon organische Reste in dem Gestein, welches den Porphyr umgiebt, «um wie viel mehr könnte er, der noch spätere Ausfüllung ist, nicht selbst dergleichen ent-«halten? Dafür mag ihn nur das Körnige und Krystallisirte seines Gemenges bewahrt haben.» Und ebenso sagt er über den Granit am Sannosiö, bei Christiania, die merkwürdigen Worte: «Sonderbar wäre es, wenn man einst in diesem Granit Versteinerungen entdeckte. Da eine «darunterliegende Schicht, der Kalkstein, viele Versteinerungen enthält, so wäre diess an sich «nicht unmöglich, wenn nicht der Zustand des Krystallisirens dem gleichzeitigen Dasein orga-«nischer Geschöpfe entgegenstände, und es sehr unwahrscheinlich machte.»

Freilich war Hr. v. Buch bei einer früheren Gelegenheit in der Anwendung des Neptunismus noch weiter gegangen, als er die Basalte Deutschlands, in welchen sogar Versteinerungen beobachtet worden sein sollten, für ein sedimentaires Gestein erklärte (Versuch einer

mineralogischen Beschreibung von Landeck. Breslau 1797). Es bleiben diese Ansichten des grossen Geologen für alle Zeiten merkwürdige Dokumente über den damaligen Zustand der Geologie. Die Umgebungen Christiania's wurden, als die neue Lehre von dem feurigen Ursprunge der massigen Gesteine sich Bahn gebrochen hatte, von vielen Geologen als eine Lokalität citirt, die die Richtigkeit dieser Lehre und die Lehre vom Contactmetamorphismus, durch die unwiderleglichsten Thatsachen glänzend bestätigt. Christiania hat im Gebiete der Geologie erfahren, dass Irren menschlich ist. Ich scheue mich aber nicht zu bekennen, dass auch die vulkanistische Lehre, meiner Meinung nach, nicht ausreicht, um alle Erscheinungen genügend zu erklären, die dort auftreten.

Der Contactmetamorphismus erscheint bei Christiania im Kleinen und im Grossen. Im Kleinen in der Stadt selbst und in ihren nächsten Umgebungen, wo Diorit- und Porphyrgänge die silurischen Thonschiefer und Kalksteine durchsetzen. Im Grossen kann man ihn 8 bis 10 Werst nördlich von der Stadt überall beobachten wo der Zirkonsyenit, Granit und Euritporphyr in ganzen Gebirgsmassen auftritt. Ich sah ihn sehr deutlich am Kallbacken, einem Hügel, der $^3/_4$ Norw. Meilen von Christiania, nördlich an der Strasse liegt, die nach Trondhjem (Drontheim) führt. Ein Granit-Syenit aus fleischrothem Feldspath, (vorwaltend) grauem Quarz, schwarzem Glimmer und dunkelgrüner Hornblende bestehend, und kleine Zirkone umschliessend, unterteuft, umschliesst und durchsetzt harte, krystallinische Schiefer. Diese sind aus Quarz, Hornstein und Glimmer zusammengesetzt. Quarz, in mikroskopisch kleinen Körnern von hellgrauer Farbe, ist mit schwarzen Glimmerblättchen zu einem grobschiefrigen, dunkelgrauen Gestein zusammengetreten, das sich vom Glimmerschiefer nur dadurch unterscheidet, dass die Glimmerschüppchen darin regellos, nicht nach einer bestimmten Richtung liegen. In diesem Schiefer kommen Partieen weissen, feinkörnigen, sandsteinartigen Quarzes und Schmitzen und ganze Lagen von grauem Hornstein vor, an deren Querschnitt man, wenn er verwittert ist, deutlich sehen kann, dass er aus sehr dünnen, parallelen Lagen bestebt. Der Granit-Syenit hat ganze Inseln dieses Schiefers umschlossen, die man an ihren Grenzen umgehen und deren Contactpunkte man Schritt vor Schritt verfolgen kann. Bald schneidet er den Schiefer ab, bald liegt er über, bald unter ihm, oder setzt in Gängen und Trümern in den Schiefer hinein, auch umschliesst er oft Bruchstücke des Schiefers.

Nun wäre es allerdings wünschenswerth diese Schiefer an guten Entblössungen in ihrer Streichungslinie nach SW. verfolgen und deren allmäligen Uebergang in milden, versteinerungführenden Thonschiefer und Sandstein verfolgen zu können. Aber solche ununterbrochene Felsentblössungen fehlen hier; grosse Strecken zwischen dem Kallbacken und Christiania sind mit Dammerde und Detritus bedeckt. Auf dem Rückwege von Kallbacken zur Stadt tritt nach dem glimmerschieferartigen Gestein ein schwarzer Kieselschiefer und nach letzterem der unveränderte Thonschiefer mit seinen Dolomitnieren und Kalksteinflötzen auf. Noch deutlicher ist die Erscheinung in Asker[1]), z. B. bei dem Gehöfte Gisle, auf dem Wege von Christiania nach

1) Keilhau, Gaea Norvegica. Heft 1, p. 16.

Drammen. Hier fangen, nach Keilhau's Beobachtungen, die Thon- und Mergelschiefer in einem Abstande von $^1/_5$ Meile vom Granite des Vardaasens an in harte Schiefer überzugehen, indem sie in Osten gegen den Granit, in Westen an demselben vorüber streichen (Fig. 8). Hier ist auch ein Kalksteinlager zu sehen, welches, so weit es von harten Schiefern begrenzt ist, aus Marmor besteht, aber mit dem Eintritt in die unveränderten, milden Schiefer, in dichten Kalkstein übergeht. Wenn man nun in dem Marmor (z. B. bei Gjelleback) noch deutliche Spuren von organischen Resten findet, und wenn man weiss, dass James Hall aus Kreide, durch Glühen derselben in einem verschlossenen Flintenlaufe, Marmor erzeugt hat, so erklärt man im Geiste der herrschenden Lehre: die silurischen Sandsteine, Kalksteine und Thonschiefer Norwegens wurden von feurigflüssigem Granit und Porphyr durchbrochen, gehoben und an den Contactpunkten in harte, krystallinische Schiefer und Marmor verwandelt. Eben so deutlich ist die Erscheinung da, wo diese Schichten von eigentlichen Gängen, z. B. von Diorit- und Porphyrgängen, durchsetzt werden, wie bei Christiania. Hier aber ist die Wirkung viel geringer, so dass der milde Thonschiefer und dichte Kalkstein nur bis auf eine Entfernung von 7 bis 8 Fuss vom Contactpunkte in Kieselschiefer und Marmor umgeändert sind; man pflegt dann zu sagen: die verhältnissmässig sehr unbedeutende Masse des pyrogenen Ganges konnte, da sie schnell erkaltete, keine grosse metamorphische Wirkung ausüben. So scheint Alles ganz einfach erklärt und in guter Ordnung zu sein. Allein, sieht man sich genauer in diesem merkwürdigen Gebiete um, wie es der verdienstvolle Keilhau gethan, so wird die Freude über den ersten Erfolg herabgestimmt. Wie will man z. B. erklären, dass bei Aandernbacken, in SW. von Asker, milde Schiefer mit metamorphischen wechseln? (Fig. 9)[1]. Man wird vielleicht sagen: der Thonschiefer ist nicht von ganz gleicher Beschaffenheit; einige Schichten sind leichter schmelzbar und sinterten zusammen, während andere der Wirkung widerstanden. Die Analyse lehrt allerdings, dass Thonschiefer von verschiedenen Lokalitäten bei Christiania, in ihrer gegenwärtigen Zusammensetzung differiren, wie man das auch von den Thonschiefern des Thüringer Waldes, des Rheinischen Uebergangsgebirges, der Ardennen und anderer Gegenden kennt, aber der Unterschied in den beiden Hauptbestandtheilen, Kieselerde und Thonerde, ist nicht so gross, dass man den oben angeführten Wechsel veränderter und unveränderter Schichten auf die angegebene Weise erklären könnte. Der Oberst Iwanow, Director des Laboratoriums des Bergdepartements, hat auf meine Bitte mehrere Proben von Thonschiefer aus der Umgegend von Christiania analysirt. Ich theile die Resultate hier mit:

1) Keilhau l. c. p. 16.

	№ 1. Milder, schwarzer Thonschiefer mit Graptolythen.	№ 2. Harter Thonschiefer v. Christophersens-Lücke; ist im Contact mit Diorit.	№ 3. Schwarzer, harter Thonschiefer, enthält mikroskopische glänzende Pünktchen, die man für Glimmer halten muss. Von Asker.	№ 4. Harter, grüner Schiefer v. Asker entwickelt sich allmälig aus № 3, und grenzt an Granit.
Kieselerde	55,35%	62,81%	55,82%	47,08%
Thonerde	20,05	18,00	17,00	19,16
Eisenoxyd	8,75	4,00	15,00	18,50
Kalk	Spuren	Spuren	1,68	2,24
Magnesia	2,41	1,51	0,62	2,63
Kali	4,68	6,36	3,45	3,24
Natron	0,92	1,51	1,37	1,84
Wasser (und Kohle)	8,00	6,36	5,10	5,08
	100,16	100,55	100,04	99,77

Ich besuchte in Christiania, zum Theil in der Gesellschaft des Hrn. Aug. Krantz, zum Theil in der des Hrn. Reinhardt, eines norwegischen Beamten, der sich lebhaft für die Geologie interessirt, folgende Lokalitäten: die Ufer der Ingers-Elv, an denen der Weg nach Grefsen aufsteigt, die Halbinsel Ladegaards-Oen, den Steinbruch Wrodslöcke, die Inseln Malmökalv, Ulvö, Malmö, die Steinbrüche bei Gjellebaek und den Paradiesbacken, den Steinbruch Christophersens Löcke, den Steinbruch bei Sorgenfri, den Berg Kallbacken, die Halbinsel Tyveholmen und Krokleven und Sundsvold am See Tyriefiord.

In den Schluchten und Thälern, die sich von den benachbarten Bergen nach dem Fiord von Christiania herabziehen, steigt der graue Thon mit subfossilen Schaalen jetzt lebender Muschelarten, hoch hinauf und giebt auch hier den Beweis für eine erst jüngst erfolgte Hebung des Landes ab. Es sind immer dieselben Arten, wie bei Göteborg, Udevalla und am Götakanal. Ich beobachtete diesen Thon zuerst am oberen Gehänge der schönen, von den Bergen herabbrausenden Ingers-Elv, auf dem Wege nach Grefsen. Hier sah man ihn von Rissen und Spalten durchsetzt, die mit ähnlichem, offenbar von ihm selbst entnommenem Alluvialthon ausgefüllt waren, und zwar ist diese Spaltenausfüllung dünngeschichtet, die Schichten senkrecht und den Spaltenwänden parallel (Fig. 10, Planriss). Man sieht also dass dergleichen feine, mechanische Absätze sich schon ursprünglich in senkrechter Stellung bilden können.

Ladegaards-Oen ist eine Halbinsel am Nordende des Fiords, 6 bis 7 Werst westlich von Christiania. Sie hängt nur durch einen schmalen Isthmus mit dem Ufer zusammen und besteht aus einer Gruppe kleiner, parallel unter einander, von NW. nach SO. streichender Thonschieferrücken. Die Spitze bildet ein kleines Vorgebirge, das Huk heisst. Auf dem Wege zu dieser Halbinsel, ganz in der Nähe der Stadt, befindet sich ein Steinbruch, Wrodslöcke, wo

Diorit als Pflaster- und Baustein zur Ausfuhr nach Deutschland, z. B. nach Hamburg, gebrochen wird. Ein mächtiger Dioritgang durchsetzt hier den schwarzen Thonschiefer von O. nach S. Der Diorit ist feinkörnig, Hornblende und Albit sind in ihm deutlich zu erkennen, so auch kleine Partieen von Schwefelkies. Wo er den Thonschiefer berührt, ist letzterer hart und schimmernd geworden; an den Contactpunkten ist er auch bisweilen zerklüftet, und nimmt fleischrothen Feldspath als dritten Gemengtheil auf, die Klüfte aber sind von Kalkspath ausgefüllt, und in den Salbändern derselben tritt hie und da im Diorit Kupferkies auf. Am nördlichen Ende von Ladegaards-Oen konnte man ein schönes Beispiel von Schichtenstörung am Thonschiefer beobachten, wie Fig. 11. sie in einem Vertikalschnitt darstellt. Zwei verschiedene Thonschiefermassen fallen widersinnig gegeneinander, wobei die Masse *a.* die Masse *b.* abschneidet. An der Südspitze ist der Thonschiefer mit Trilobitenresten, von einem Dioritporphyrgang durchsetzt, *a.* Fig. 12, der zerklüftet ist, die Klüfte stehen senkrecht auf der Contactfläche des Thonschiefers. *b* ist ein harter Thonschiefer mit Nieren dichten Kalksteins und von Kalkspathschnüren durchschwärmt, *c* unveränderter, weicher, dünnschieferiger Thonschiefer mit eben solchen Kalksteinnieren wie *b*. *dd* ist eine Kluft mit Kalkspath ausgefüllt. Fallen des Thonschiefers hor. $2\frac{1}{2}$ NO. 45°. Dieser Porphyrgang wendet sich von der Halbinsel nach der Landspitze Huk, die durch einen schmalen Isthmus mit Ladegaards-Oen zusammenhängt und nimmt das Streichen und Fallen des Schiefers an. Es ist wahrscheinlich derselbe Gang, der auf Huk wiedererscheint, der unmittelbare Zusammenhang kann aber nicht erkannt werden, da eine Wasserfläche ihn verdeckt. Auf Huk zeichnete ich den Horizontaldurchschnitt Fig. 13, in welchem *a* denselben Dioritporphyr bezeichnet, wie in Fig. 12; *c* ist der Thonschiefer und *b* ein jüngerer, aus Granit bestehender Gang, der den Gang *a* und die Thonschieferschichten *c* verworfen hat; *a* ist an der einen Contactseite schieferartig zerklüftet, die Klüfte senkrecht zur Contactebene.

Christophersens Löcke (Steinbruch). Hier kann man im Gegensatze zu dem so eben beschriebenen Verhältnisse einen lagerartigen Gang beobachten. Ein feinkörniger, ziemlich innig gemengter Diorit, in welchem aber die Albitkörnchen noch deutlich zu erkennen sind, setzt als Gang durch einen Wechsel von Thonschiefer und dichtem Kalkstein. Der Gang windet sich und nimmt dadurch an einer Stelle ein lagerartiges Ansehn an, indem er wie der Thonschiefer von SW. n. NO. hor. 5 bis 6 streicht und wie dieser nach NW. fällt (Fig. 14). Aehnliches ist überhaupt bei den die hiesigen Uebergangsschichten durchsetzenden Gängen nichts Seltenes. Zunächst am Diorit *a* und zwar in dessen Hangendem, erscheint harter, klingender, aber deutlich geschieferter Thonschiefer *c*; auf ihm liegt Thonschiefer mit Kalknieren *d*; die Kalknieren sind an der Oberfläche verwittert, hellgrau, die verwitterte Kruste ist eine halbe Linie dick, und fühlt sich rauh an, und zeigt Kopfschilder von Trilobiten. Innen sind diese Nieren aschgrau, dicht, aber schimmernd von unzählig vielen, nur durch die Lupe erkennbaren Eisenkieswürfeln. Auf dieser Schicht liegt dann *e*, ein milder, unveränderter Thonschiefer. Im Liegenden des Ganges ist der Thonschiefer *b* ebenfalls verhärtet. Diese Eigenschaft behält er zu beiden Seiten des Ganges bis zu einer Entfernung von 8 bis 10 Fuss

von den Contactflächen. Der dichte Kalkstein ist an den Berührungsstellen fast immer in weissen, körnigen, sogar späthigen Kalkstein verwandelt, in den häufig Diorittrümer hineinsetzen.

Sorgenfri, Steinbruch bei dem Landhause des Professors Keyser. Ein 10 Fuss mächtiger Gang feinkörnigen, dunkelgrünen Diorits streicht hor. 2 von NO. nach SW. durch Thonschiefer und verhärtet diesen an den Berührungspunkten. Er gehört zu den interessanteren Erscheinungen bei Christiania, weil er eine grosse Menge eckiger Bruchstücke verschiedener Feldspathgesteine umschliesst, die regellos in ihm umherliegen und durch ihre helle Farbe gegen die schwärzlichgrüne der Gangmasse sehr contrastiren. So fest sind sie mit dieser verwachsen, dass sie beim Zerschlagen nie sich aus der Gangmasse herauslösen, sondern mit dieser zusammen zerspringen. Ich habe sie von den kleinsten Stückchen bis zu einem Durchmesser von 8 bis 9 Zoll gefunden. Unter ihnen ist der Gneiss vorherrschend; in der Planzeichnung Fig. 15 zeigen parallele Striche die Richtung an, in welcher in den Bruchstücken des Gneisses die Glimmerlagen verlaufen; sehr häufig ist auch ein fast glimmerloser, sehr grosskrystallinischer Granit; dann ein feinkörniger Granit, ein Syenit und ein schwarzgrünes Hornblendegestein. Diejenigen Bruchstücke, die ganz aus Feldspath und Quarz bestehen, wie jener fast glimmerlose Granit, haben vollkommen scharfe Kanten, die so scharf an dem Diorit absetzen dass man die Grenze mit dem Rücken eines Messers bedecken kann. Dagegen aber setzen die Bruchstücke anderer Felsarten, die ausser dem Feldspath noch Glimmer oder Hornblende, also leichter schmelzbare Mineralien enthalten, nicht so scharf gegen die Matrix ab, sondern ihre Ränder verlaufen oft ganz allmälig in letztere; solche Stücke erscheinen dann bisweilen abgerundet, als wären sie an den Rändern abgeschmolzen. Und in solchen Uebergangskrusten sieht man unversehrt Quarzkörner und Felgspathkörner eingewachsen. Sehr auffallend ist es, dass diese Bruchstücke nur in der westlichen Hälfte des Ganges liegen, bis zu einer Entfernung von 6 Fuss von dessen Contact mit dem Thonschiefer. Die nach Ost liegende Hälfte enthält dergleichen Fremdlinge nicht.

Halbinsel Tyveholmen. Eine lange, schmale Halbinsel, westlich von Christiania. An ihrem südwestlichen Ufer durchsetzt Porphyr (Buchs Rhombenporphyr) den Thonschiefer; dieser ist schwarz, undeutlich geschichtet, härter als gewöhnlich, enthält Kalksteinnieren, hat keine Petrefakten, ist sehr zerklüftet, die Klüfte mit Kalkspath ausgefüllt. Wo er den Porphyr berührt wird er noch härter, giebt aber am Stahle doch keine Funken. Die Kalksteinnieren brausen auch hier noch mit Säuren. Der Porphyr ist schwärzlichgrün, seine Grundmasse feinkörnig, dioritartig, die Feldspathkrystalle oft bis 6 und 7 Linien lang. In der Nähe des Contacts setzt eine Masse fleischrothen, dichten Feldspaths auf, in der viele kleine Eisenkieswürfel eingewachsen sind. Sie umschliesst einzelne Thonschieferstreifen, und von diesen Einschlüssen ziehen sich feine Kalkspathtrümer in das Feldspathgestein hinein, in welchem sie sich dann bald auskeilen.

Die ursprüngliche Schichtung des harten Thonschiefers erkennt man auch hier, wie an vielen andern Punkten, nur an der Lage und Richtung der in ihm eingeschlossenen, flachen

Kalksteinnieren, deren lange Axe immer den ursprünglichen Schichtungsebenen parallel verläuft. In dieser Richtung lässt sich der Thonschiefer fast gar nicht spalten, dagegen aber sehr leicht in einer, sie rechtwinkelig durchkreuzenden Richtung, in welcher der Thonschiefer zerklüftet ist; eine Erscheinung, die bei Thonschiefern überhaupt zu den gewöhnlichen gehört.

Am Südwestufer von Tyveholmen, dicht am Wasser, sieht man auf dem harten Thonschiefer sehr deutlich, geschrammte Schlifflächen. Hier kann man auch an einer steilen Felswand das Profil Fig. 16 sehen. Ein ungeschichteter harter, von Kalkspathtrümern durchschwärmter Thonschiefer *b*, wird von dem Porphyr *c* abgeschnitten. Eine 7 Fuss breite Kluft *d*, deren unterer Theil mit Wasser angefüllt ist, trennt den harten Schiefer von dem milden Schiefer *a*, der Kalksteinnieren, aber kein einziges Kalkspathäderchen enthält. Der veränderte Thonschiefer *b* bekam bei seiner Umgestaltung Risse, und diese wurden auf dem Wege der Infiltration mit Kalkspath ausgefüllt.

Gjellebaeck. Für das Studium der harten Schiefer und des metamorphischen Kalksteins ist Gjellebaeck immer einer der belehrendsten Punkte in der Umgegend Christiania's. Allein das Auffinden der karakteristischen Felsentblössungen ist nicht leicht, da die hiesigen Marmorbrüche verlassen worden sind, weil man fand dass der Marmor leicht verwittert und zerfällt. Manche Stellen, die Naumann in seinen Beiträgen zur Kenntniss Norwegens beschreibt, und an denen man den Contact des hier verbreiteten Granits mit den harten Schiefern beobachten konnte, fand ich mit jungem Walde und Rasen bedeckt.

Wenn man von der Station Gjellebaeck eine halbe Stunde auf dem Wege nach Drammen fortgeht, kommt man bei dem Hofe Griserud, rechts am Wege an einen alten Steinbruch, wo folgender Vertikaldurchschnitt zu sehen war, Fig. 17. Oben auf liegt grauer, grobkörniger Marmor *a*, darunter liegt *b* ein Wechsel und Gemenge von bräunlichgrünem Granatfels mit Kalkspath. In dem Kalkspath kommen Krystalle grünen Granats vor und die ganze Schicht ist von Glimmerblättchen und Eisenkies- und Kupferkieskrystallen durchdrungen. Dann folgt eine zweite Schicht grauen Marmors *c*, ganz von der Beschaffenheit wie *a*. Unter *c* liegt der schwarze harte Thonschiefer *d*, der Kalkspath in Körnern und feinen Trümern enthält. Ich fand auf der Halde ein Stück dieses Thonschiefers, das an der einen Seite mit einer 5 Linien dicken Schicht braungrünen, körnigen Granatfelses fest verwachsen ist. Zwischen den Granatkörnern, an denen man bisweilen die Flächen des Granatoëders deutlich erkennen kann, liegt Kalkspath in kleinen Partieen verbreitet, und Eisenkiespünktchen. Ebenso kleine Gruppen von Quarzkrystallen, die einzelnen Säulen einen Millimeter dick, unregelmässig durcheinander gewachsen in den verschiedensten Richtungen. Die unterste Schicht des Profils bildet wieder ein grauer Marmor *e*, in welchem ein Gang von Tremolith *f* aufsetzt.

Es gelang auch, hier eines jener selten vorkommenden Stücke von Marmor zu finden, in welchem organische Reste noch deutlich erkennbar sind. Hr. Krantz fand in meiner Gegenwart ein solches und war so gefällig es mir zu geben. Es besteht zur Hälfte aus körnigem Kalkstein, zur Hälfte aus einem graugrünen, harten, porösen Gestein, das nicht mit Säuren

braust und das ich für erhärteten Kalkthonschiefer halte. In diesem letzteren befinden sich deutliche Abdrücke starkgerippter Brachiopoden, die dem Genus *Terebratula* angehören; Abdrücke von Korallen und ein kleiner, cylindrischer Körper mit erhabenen, scharfkantigen Querrippen, vielleicht ein Enkrinitenstiel — in grünen Granat verwandelt. In diesem Stücke kommt der grüne Granat auch eingesprengt vor.

Es ist nicht schwer hier, an den Contactpunkten, Handstücke zu erhalten, in denen der Granit und der harte grüne Schiefer sich berühren. Da sieht man denn deutlich, dass die beiden Gesteine nicht immer so scharf an einander abschneiden, als dieses oft der Fall ist. Es findet bisweilen ein gewisser Uebergang statt, so dass sie sich gleichsam in einander verlieren und man nicht genau angeben kann, wo das eine endigt, das andere anfängt. Auch findet man Stücke, in denen der Granit sich in den feinsten, zierlichsten Adern im harten Schiefer verästelt. Fig. 18 stellt ein solches Stück in seiner natürlichen Grösse dar. Ein Trum fleischrothen Granits, $^3/_8$ Zoll mächtig verläuft den Schichtungsebenen des harten Schiefers *b* parallel; die Quarzkörner dieses Granits haben eine graue Farbe. In einer Entfernung von $^3/_4$ Zoll verläuft ein zweites Aederchen desselben Granits *b*, dem ersten paralell, hat aber nur $^1/_{16}$ Zoll Dicke und besteht aus zwei dünnen Lagen. Die eine derselben setzt plötzlich ab und wendet sich unter stumpfem Winkel nach der dickeren Granitader, den Schiefer quer durchschneidend. Wenn der Granit, als er hier in den den Schiefer drang, geschmolzen war, so muss er so dünnflüssig gewesen sein, dass man die feinsten Kunstsachen aus ihm hätte giessen können.

Die Inseln des Christianiafiords bestehen bekanntlich aus obersilurischen Schichten, in denen man die Gottländischen Versteinerungen grösstentheils wiederfindet, während die untersilurischen auf dem Festlande auftreten. Aber welch ein Unterschied in der äussern Erscheinung derselben hier und auf Gottland. Auf letzterem hellfarbige Kalksteine und bläulicher Thon mit Kalkconcretionen in ungestörter Horizontalität; auf den Inseln bei Christiania schwarze Thonschiefer und dunkelgraue Kalksteine in steilaufgerichteten, vielfach gestörten Schichten, die von unzähligen Klüften durchsetzt werden, die zum Theil mit weissem Kalkspath angefüllt sind. Mitten aus diesen Schichten brechen Porphyr- und Dioritgänge hervor und erheben sich bisweilen mauerartig. Auf der Nordspitze der Insel Malmö liegt eine grosse Diluvialmasse auf den silurischen Schichten bis auf den Gipfel hinauf, wohl 100 Fuss hoch über dem Meeresniveau. Sie besteht aus losem Sande mit Granit- und Gneissblöcken bis 3 Fuss im Durchmesser.

Schliesslich erwähne ich noch einer merkwürdigen Erscheinung an einem Petrefakt aus den untern Silurschichten Christiania's. Ich erhielt mehrere Exemplare des *Echinosphaerites aurantium* Pander (*Echinus aurantium* Gyllenhal) aus Krogholmen; zwei derselben waren bei dem Herausschlagen aus dem sie umhüllenden, schwarzen, mit Säuren schwach brausenden Thonschiefer, in der Richtung vom Scheitel zur Basis mitten von einander gesprungen und zeigten daher deutlich ihre innere Beschaffenheit. Die Oberschale mit ihren sternförmig gekerbten Asseln ist an manchen Stellen auch deutlich zu erkennen. Die zunächst unter ihr liegende Schicht besteht aus stenglichem, schwarzgrauem Kalkspathe und ist $^1/_8$ Zoll dick. Dann

folgt eine $^1/_8$ Zoll dicke Lage weissen Kalkspaths und den Kern des Körpers bildet metallisch glänzender Anthracit. In einem der Exemplare ist er mit etwas Kalkspath gemengt, in den andern ohne diese Beimengung.

Den Rückweg von Christiania nach St. Petersburg nahm ich über Göteborg, Kopenhagen und Berlin.

Anhang.

Ueber die Forbesia concinna.

von

Dr. A. v. Volborth.

Die erste Veranlassung zu dieser Abhandlung gab ein schönes von dem Akademiker General v. Helmersen von Gottland mitgebrachtes *Pygidium*. Bei genauer Untersuchung dieses Handstücks gelang es uns noch ein Bruchstück der *Glabella*, ein *Hypostoma* und einige andere Organe herauszufördern, welche sich bald als Theile ein und desselben Trilobiten, der *Forbesia concinna* auswiesen. Wir übernahmen die Bestimmung und Beschreibung dieser Fragmente um so bereitwilliger als das *Hypostoma* dieser Gattung bisher unbekannt war und wir Gelegenheit fanden eine Lanze für die Selbstständigkeit der *Forbesia* M'Coy's einzulegen, welche nach unserer Ueberzeugung nicht mit *Proëtus* Stein. vereinigt werden darf.

Die älteste Vertreterin dieser Gattung ist Dalman's *Calymene concinna*, welche sich durch die besondere Bildung ihres, beiderseits mit einem Tuberkel versehenen Nackenringes, von allen übrigen Trilobiten unterscheidet. Der Nackenring erscheint dadurch in drei Theile getheilt: in das mit einem Knötchen versehene Mittelstück und in die beiden von den Dorsalfurchen begränzten Seitentuberkel. Diese Verhältnisse finden sich in Dalman's Beschreibung deutlich angegeben, indem er sagt[1]): «margine verticali incrassato, utrinque pone oculos tuberculo aucto, punctoque medio elevato»; leider entsprachen aber die rohen Zeichnungen diesem Bilde nicht. Nur auf der zweiten Figur (Tab. I. fig. 5, *b.*) sieht man, dass der erwähnte Tuberkel dem Nackenringe gehört und nicht der Glabella, wie die fig. 5, *a.* es angiebt. Hisinger mochte diese Widersprüche eingesehen haben, unglücklicherweise aber copirt er in der *Lethaea Suecica* gerade die falsche Figur mit Weglassung der allein richtigen, und modificirt Dalman's richtige Beschreibung durch eine unrichtige, aber der falschen Zeichnung angemessene, indem er

1) Dalman, Palaeaden, deutsch 1828, p. 40.

sagt[1]): «Glabella utrinque tuberculo aucta». Nicht die Glabella hat einen Tuberkel mehr an jeder Seite, sondern der Nackenring derselben, *margo glabellae*, wie es Dalman richtig bemerkt.

Diese widersprechenden Angaben sind längst durch Lovén's vortreffliche Beschreibung und Abbildung berichtigt[2]), er scheint aber der besonderen Bildung des Nackenringes nur einen specifischen Werth beigelegt zu haben, hierin dem Beispiele von Steininger[3]), Goldfuss[4]) und Burmeister folgend, welche, nach einander, gewisse devonische Trilobiten unter den Namen *Proëtus*, *Gerastos* und *Aeonia*, mit der schwedischen *Calymene concinna* vereinigten. Ein Jahr nachdem Lovén den Namen *Proëtus* sanktionirt hatte, widerrief Burmeister[6]) seine früher ausgesprochene Meinung und beantragte eine Trennung der schwedischen Art unter dem Namen *Aeonia* von den devonischen *Proëtus*-Arten. Ihm war indessen M^c^ Coy[7]) um einige Monate zuvorgekommen, indem er eine der schwedischen verwandte Art als *Forbesia latifrons* beschrieb. Obgleich nun auch Beyrich[8]) in derselben Zeit und ohne von den gleichzeitigen Vorschlägen M^c^ Coy's und Burmeisters unterrichtet zu sein, die Beschaffenheit des Nackenringes als das hervorstechendste Merkmal bezeichnet, wodurch sich sein *Proëtus concinnus* von den devonischen Arten unterscheidet, so scheinen doch spätere Schriftsteller die Wichtigkeit dieses Charakters nicht gehörig gewürdigt zu haben. So zieht es Salter[9]), dem die Wissenschaft in neuester Zeit ausgezeichnete Beiträge zur Kenntniss der englischen Trilobiten verdankt, vor, die *Forbesia* wieder nach dem Beispiele Lovén's, mit *Proëtus* zu vereinigen; eben so bleibt Barrande[10]) in seinem jüngsten Werke, welches sowohl durch den darin niedergelegten Schatz von gewissenhaften Beobachtungen, als durch die sorgfältige und wahrhaft künstlerische Ausführung der Tafeln, für alle Zeiten als ein Muster gelten wird, nicht nur seinem schon 1846[11]) gebrauchten Namen treu, sondern er erweitert noch die Gränzen der Gattung, indem er die früher davon getrennten Phaëton-Arten damit vereinigt. Erst in neuester Zeit hat Angelin[12]) es versucht, der *Forbesia* zu ihrem Bürgerrecht in Schweden zu verhelfen; er erwähnt indessen der charakteristischen Bildung des Nackenringes mit keiner Sylbe und die Zeichnungen sind leider so unvollkommen, dass der Erfolg sehr zweifelhaft erscheinen muss.

Aus dieser kurzen geschichtlichen Uebersicht erhellt, dass es sich hier um eine verschiedene Deutung der Begriffe von Art und Gattung handelt. Wenn diese Begriffe in der Zoologie, die es doch mit lebenden Wesen zu thun hat, anerkanntermassen noch sehr schwankend sind,

1) Hisinger, Leth. Suec. 1837, p. 12.
2) Öfvers. af Kongl. Vet.-acad. Förh. 1845, p. 49.
3) Steininger, Mém. de la Soc. Géol. de France 1833. Tome I.
4) Goldfuss, Leonh. et Bronn Jahrb. 1843.
5) Burmeister, Org. der Trilob. 1843, p. 117.
6) Burmeister, desselben Werks engl. Ausg. London 1846, p. 100.
7) M^c^ Coy, Synopsis of Sil. foss. of Ireland, 1846.
8) Beyrich, Trilob. 2. Stück. 1846, p. 28.
9) Salter, Mém. of the Geol. Surv. 1848. Vol. II. p. 337.
10) Barrande, Syst. Sil. de la Bohème. Vol. I. 1852.
11) Barrande, Notice prélim. 1846.
12) Angelin, Palaeont. Scandinav. P. I. fasc. II. p. 22.

*

so darf es uns nicht wundern dieselben in der Palaeontologie noch viel mehr der Willkühr der einzelnen Forscher überlassen zu sehen; denn, nicht nur ist hier das Hauptkriterium der Art, die Abstammung von gleichen Eltern, unserer Beobachtung ganz entrückt; auch die Umgränzung der Gattungen wird besonders dadurch erschwert, dass nur ausnahmsweise alle wesentlichen Theile des Thieres beisammen gefunden werden.

Zur vollständigen Kenntniss eines Trilobiten müssen Kopf, Hypostoma, Rumpf und Schwanz vorliegen. Wo einer dieser Theile fehlt, da kann auch die Gattung nur provisorische Geltung haben. Wenn nun vollständige Individuen gerade bei den Trilobiten zu den Ausnahmen gehören, so leuchtet ein, dass nur die wenigsten Gattungen eine gesicherte Existenz haben können. Glücklicherweise giebt es indessen Fälle, wo die Gattung auch bei unvollständiger Kenntniss dennoch gesichert ist: wenn nämlich irgend ein Theil eine so ausnahmsweise Bildung zeigt, dass dieselbe für sich allein schon hinreicht, die Gattung von allen übrigen zu unterscheiden. Nun befindet sich die *Forbesia* in derselben Lage. Durch die ausnahmsweise Bildung ihres Nackenringes tritt sie nicht nur aus dem provisorischen Zustande, in welchem sie sich mit *Proëtus* und *Phaëton* befand, heraus, sondern sie reiht sich auch den am besten charakterisirten Gattungen an, von denen Barrande selbst sagt[1]): man fühle eine gewisse Sicherheit, wenn man so scharf bezeichnete Formen vor sich habe. In der That, wie man nur eines Bruchstückes des Pygidiums von *Bronteus*, des Kopfes von *Lichas*, *Acidaspis* oder *Remopleurides* bedarf, um die respectiven Gattungen zu erkennen, so reicht ein halber Nackenring aus, um die *Forbesia* mit Sicherheit zu erkennen.

Während wir aber der erwähnten Beschaffenheit des Nackenringes eine so wichtige generische Bedeutung geben, legen die meisten Schriftsteller diesem Charakter nur einen untergeordneten Werth bei, indem sie geneigt zu sein scheinen ihn von den umändernden Einwirkungen lokaler äusserer Einflüsse herzuleiten. Gesetzt nun ein solcher Einfluss auf die harten Trilobitenpanzer sei wirklich möglich, so müsste sich ein solcher doch durch Uebergänge zwischen *Forbesia* und *Proëtus* nachweisen lassen. Solche Uebergänge existiren aber nicht; die Forbesien haben Seitentuberkel am Nackenringe, die Proëtus-Arten nicht! Ueberhaupt scheint es uns als habe man in neuerer Zeit den Einwirkungen der Aussendinge eine zu grosse Tragweite eingeräumt. Die von der Zähmung und Züchtung hergenommenen Argumente, welche in der Zoologie zur Vertheidigung der Lehre von der Transmutation der Species eine so bedeutende Rolle spielten, fallen hier, wo wir es mit Geschlechtern zu thun haben, welche im wilden Zustande lebten und starben, ganz weg. Wenn nun der berühmte Gegner Cuvier's, Geoffroy St.-Hilaire die harten Theile der Gliederthiere für Modifikationen des Skeletts höherer Thiere ansah, indem er meinte, dass die Gliederthiere innerhalb ihrer Wirbelsäule ganz eben so lebten, wie die höheren Wirbelthiere ausserhalb dieser Säule; — sollten wir da nicht berechtigt sein, den harten kalkigen Panzern der Trilobiten dieselbe Wichtigkeit zuzuschreiben? In der That mussten diese Schaalen den weichen Theilen Schutz, den Bewegungsorganen die nöthigen

1) Barrande, Syst. Sil. p. 332.

festen Ansätze und dem ganzen Thiere den Halt zur Behauptung seiner eigenthümlichen Gestalt gewähren. Wenn ferner die Zoologen mit Sicherheit behaupten, dass bei den im wilden Zustande lebenden Thieren die äusseren Einflüsse die specifischen Charaktere des Knochengerüstes, besonders der edleren Theile desselben, nicht ändern könnten; dass sogar die Vergleichung dieser Charaktere die mangelnde Beobachtung der Abstammung ersetzen könne; — sollten wir da nicht eine gleiche Berechtigung für die Trilobiten beanspruchen können, in deren harten Ueberresten unsere Gegner selbst das Analogon der Wirbelsäule höherer Thiere erblicken? Befinden wir uns nicht sogar, den Zoologen gegenüber, noch darin im Vortheil dass, wenn wir auch wollten, wir unsere Charaktere nicht von unwesentlichen Dingen, von der Farbe, Behaarung u. s. w., welche wirklich durch klimatische Einflüsse Veränderungen erleiden, hernehmen könnten, weil dergleichen uns gar nicht vorliegen?

Je problematischer aber der Einfluss der Aussendinge auf die das Knochengerüste der Wirbelthiere vertretendeu harten Trilobiten-Panzer wird, desto mehr müssen die Merkmale, die sie uns bieten, an Wichtigkeit gewinnen, indem sie sich als Reflexe wesentlicher funktioneller Modifikationen darstellen, welche mit der Bedeutung der einzelnen Körpertheile gleichen Schritt halten. Als einen Akt der Willkühr müssen wir es daher bezeichnen, wenn ein ausgezeichneter Forscher meint, eine Furche mehr oder weniger auf der Glabella, ein Glied mehr oder weniger am Rumpfe berechtige noch nicht zur Trennung von Gattungen; uns scheint es als wenn dergleichen Verschiedenheiten noch viel weniger zu einer Vereinigung berechtigten, besonders aber wenn dergleichen Merkmale an ganz ungewöhnlichen Orten auftreten, wie z. B. am Nackenringe der *Forbesia*.

Wir wenden uns jetzt zur Beschreibung der auf der Tafel 3 abgebildeten Forbesia-Theile; sie sind alle vergrössert dargestellt; die wirkliche Grösse ist aus den dabei befindlichen senkrechten Linien zu erkennen.

Taf. 3. Fig. 2.

Bruchstück der Glabella mit dem dazu gehörigen Theile des Nackenringes.

Links am Nackenringe erkennt man den von ihm abgeschnürten Seitentuberkel, und etwas mehr rechts das die Mitte bezeichnende Knötchen. Jenseits der Nackenfurchen, an der Basis der Glabella sind die beiden hinteren Seitenfurchen sichtbar; die linke ist vollständig erhalten, mit ihrem horizontalen und absteigenden Aste; die rechte zeigt nur den absteigenden Theil. Etwas höher rechts erkennt man die horizontal verlaufende mittlere Seitenfurche. Zwischen den absteigenden Aesten der hintern Seitenfurchen sind vier Hülfs-Eindrücke (*impressions auxiliaires* Barr.) bemerklich, zwei auf jeder Seite, wovon der oberste in gleicher Höhe mit dem horizontalen Aste, der unterste aber etwas niedriger als das Ende des absteigenden Astes der hinteren Seitenfurche sich befindet. Diese Seitenfurchen und Hülfs-Eindrücke sind nicht sowohl wirkliche Vertiefungen, als nur durch dunklere Farbe und besondere Beschaffenheit der Oberfläche von der übrigen Schaale abweichende Stellen.

Taf. 3. Fig. 3.

Die linke bewegliche Wange nebst daran sitzendem Auge.

Der durch eine tiefe Randfurche begränzte Randwulst zeigt auf seiner Oberfläche einige feine, dem äusseren Rande parallele, unter einander anastomosirende Adern, und vereinigt sich mit dem durch eine ähnliche Occipitalfurche begränzten Occipitalwulste unter einem spitzen Winkel, zur gemeinschaftlichen Bildung des bis zur Spitze gefurchten Wangenhorns. Bei starker Vergrösserung erscheint die Oberfläche der Wange uneben von einer Menge mikroskopischer Grübchen. Das Auge hat die ringförmige Bildung (*forme annulaire* Barr.) und zeigt keine Spur von Facetten.

Taf. 3. Fig. 4.

Das Hypostoma.

a. von Vorn. *b.* von der Seite.

Oben ist eine dreieckige Fläche bemerklich, welche mit ihrer Basis von dem oberen Rande herabsteigt und mit der Spitze am oberen Theile des Mittelkörpers endigt. Dieser letztere steigt erst von hier zu seiner bedeutenderen Wölbung an, welche zu beiden Seiten mit symmetrischer zierlicher Streifung versehen ist. Im oberen und unteren Drittheile des Mittelkörpers befinden sich beiderseits Eindrücke, zu welchen sich unten noch längliche Leisten gesellen. Die Seitenränder kommen in schiefer Richtung von den sich nach innen umschlagenden Seitenflügeln herab, bilden gegen die Mitte des Mittelkörpers leichte, mit der Convexität nach dem letzteren gerichtete Bögen, gehen dann, in der Gegend der länglichen Leisten wieder nach aussen um sich endlich unter stumpfen Winkeln zum hinteren oder Mundrande zu vereinigen.

Taf. 3. Fig. 5.

Drei zusammenhängende Rumpfglieder.

Die stark gewölbte Axe ist weniger breit als die Pleuren und zeigt am oberen Gliede die Articulationsfalte. Die Pleuren sind gefurcht und lassen vor der Mitte das Fulcrum (Knie Pander's) bemerken. Ihr äusserstes Ende ist nach oben zugerundet, nach hinten zugespitzt.

Taf. 3. Fig. 6.

Das Pygidium.

Die stark hervorragende Spindel ist viel schmäler als die Seitentheile und nimmt etwa drei Viertheile der ganzen Länge des Pygidiums ein. Sie besteht aus acht allmälig an Grösse abnehmenden Gliedern und einem convexen Endgliede, welches ziemlich steil in den horizontalen Randsaum übergeht. Am ersten Gliede ist oben die Articulationsfalte sichtbar; alle Glieder zeigen zu beiden Seiten, nahe bei den die Spindel umgränzenden Dorsalfurchen, kleine vertiefte Punkte, welche den Seiten derselben ein geknicktes Ansehen geben und durch ihre regelmässige Stellung den mittleren Spindeltheil wie eingerahmt erscheinen lassen.

Die Seitentheile des Pygidiums sind sanft gewölbt und fallen gegen die Mitte ziemlich rasch ab, um in den fast horizontalen Randsaum überzugehen. Ausser der die Articulation mit

dem Rumpfe vermittelnden Halb-Pleure (*demi-côte articulaire* Barr.) lassen sich fünf bis sechs Pleuren unterscheiden. Die drei ersten sind sogar auf dem Randsaume bis an dessen Ende zu verfolgen, wo ihre Endform durch dem Rande fast parallele, feine, eingerissene Linien angedeutet ist, und jede Pleuraspitze durch besondere Risse von den benachbarten abgesondert erscheint. Nur der unter der Spindel befindliche Theil des Randsaumes ist ganz glatt.

Nach den Merkmalen, welche diese Beschreibung darbietet, ist die Bestimmung der Gattung und Art nicht schwer. Während der Nackenring für die *Forbesia* entscheidet, stimmt alles Uebrige: die Wangenhörner, die im Verhältniss zu den Seiten schmälere Rumpfaxe und Pygidium-Spindel, die Gestalt und Sculptur der Theile, mit der *Forbesia concinna* vollkommen überein.

Die freien Hypostomen, welche Barrande abbildet[1]), gleichen auffallend unserem Gottländischen *Hypostoma;* sie mögen also wohl zu *Proët. bohemicus* und *orbitatus* Barr. gehören, welche schon durch die Beschaffenheit ihres Nackenringes sich als wahre Forbesien bewähren. Diese Verwandtschaft wird durch die Constatirung der Hülfs-Eindrücke (*impressions auxiliaires* Barr.) bei der schwedischen Art noch vermehrt; sie ist aber mehr generischer als specifischer Natur und die bestehenden Arten-Unterschiede beider Länder bleiben nach wie vor.

Die englischen Forbesien kennen wir nur aus den Beschreibungen M^{c}Coy's und Salters, welche leider in der Darstellung des vorderen Theiles der grossen Sutur nicht überstimmen. Auf Salter's Figur schneidet die Sutur ein dreieckiges Stück des Stirnrandes ab; im Texte suchten wir aber vergebens nach einer Erklärung dieses abnormen Verhaltens, dessen auch M^{c} Coy mit keiner Sylbe erwähnt. Es scheint übrigens als wenn die englischen Arten durch die schmälere Axe und Spindel mehr mit den schwedischen Arten übereinstimmten.

In Russland erwähnen Schrenk[2]) und Andere des Vorkommens der *Forbesia latifrons* und *concinna* in Esthland und auf der Insel Oesel; Beschreibungen oder Abbildungen sind uns aber nicht bekannt geworden. Ein Paar Pygidien aus Oesel, in deren Besitz wir vorigen Sommer gelangten, nähern sich indessen in ihrer Bildung offenbar mehr den Gottländischen Arten, was auch wegen der Nähe beider Inseln zu erwarten war.

Alle bisher bekannt gewordenen Forbesien stammen aus obersilurischen Schichten. Sie sind daher für diese Region leitend.

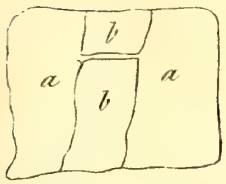
---

1) Barrande l. c. Tab. 16 et 17. fig. EF. u. K.

2) A. G. Schrenk, Uebers. des oberen Sil. Schicht.-Syst. Liv- u. Esthlands. Dorpat 1852. p. 52 u. 75.

Verbesserung: p. 303, statt *Actiocrinites moniliformis* zu lesen *Trochocrinites Gottlandicus*, Pander.

Fig. 1.



Granitgang im Quarzit bei Westervik.

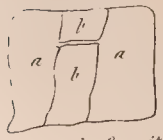
Fig. 4.

Durchmesser von a

Durchmesser von a

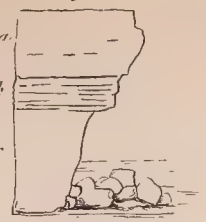
Fig.

Fig. 1.



Granitgang im Quarzit bei Westervix.

Fig. 2.



Högklint bei Wisby.

Fig. 3.

Korallenkalk bei Ljugarn.

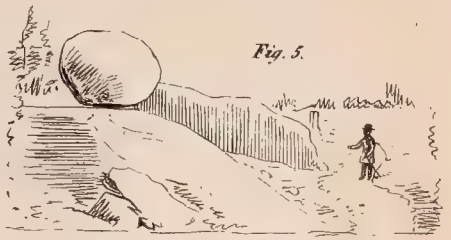
Fig. 4.

Durchmesser von a bis b 3 Fuss.

Durchmesser von a bis b 4 Fuss.

Korallenkalk bei Ljugarn.

Fig. 5.



Erratischer Block an einem steilen Abhange zwischen Märhult und Dalhem.

Fig. 6.

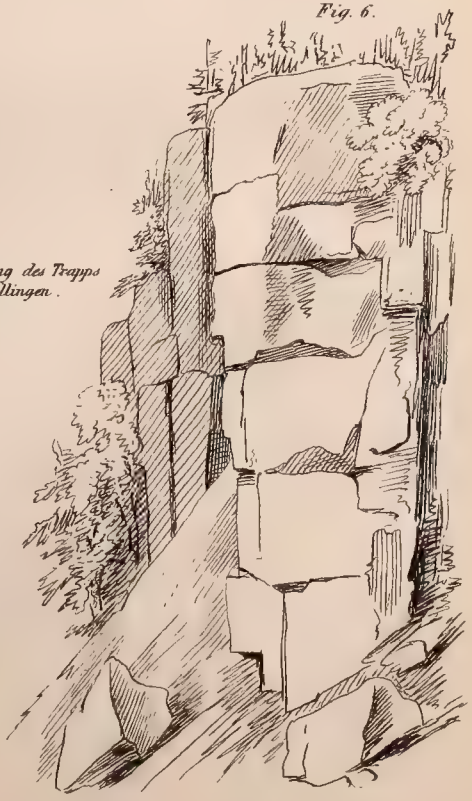
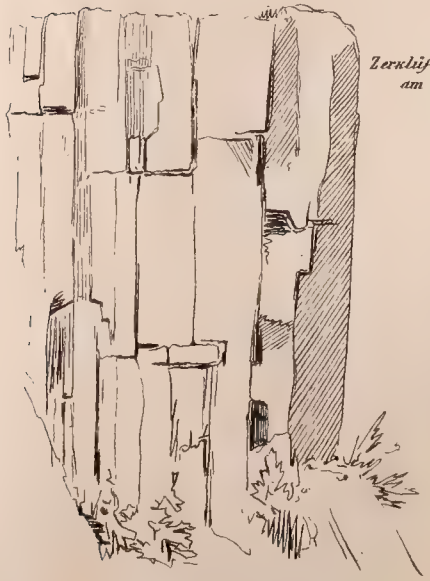


Fig. 7.



Zerklüftung des Trapps am Billingen.

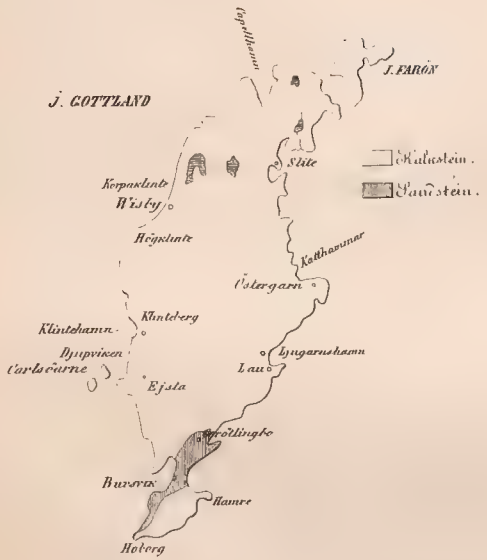
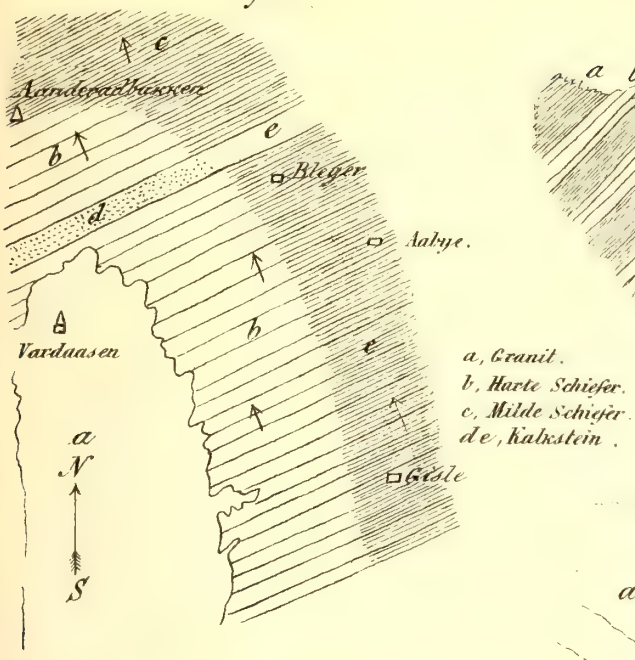
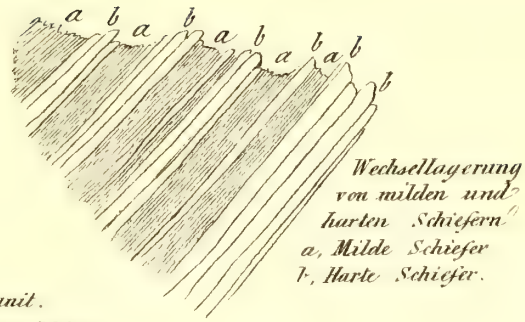


Fig. 8.



a, Granit.
b, Harte Schiefer.
c, Milde Schiefer.
d e, Kalkstein.

Fig. 9.



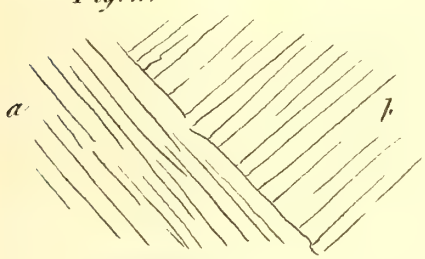
Wechsellagerung von milden und harten Schiefern.
a, Milde Schiefer
b, Harte Schiefer.

Fig. 10.

a, Grauer Thon mit Pecten.
b, Spätere Ausfüllung durch Thon.

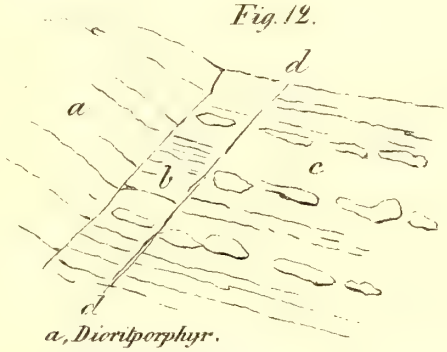
Spalten im Thon durch alluvialen Thon ausgefüllt.

Fig. 11.



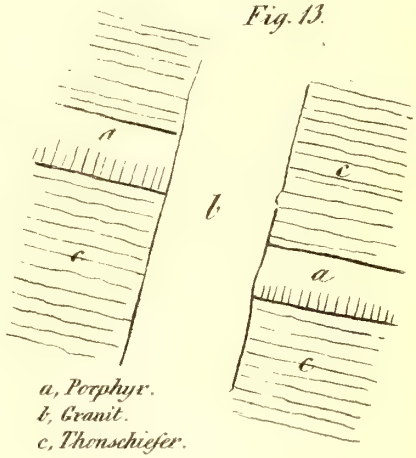
Ladogorder.

Fig. 12.



a, Dioritporphyr.
b, Harter Thonschiefer.
c, Milder Thonschiefer.

Fig. 13.



a, Porphyr.
b, Granit.
c, Thonschiefer.

Fig. 15.

Bruchstücke von verschiedenen Gesteinen im Diorit.

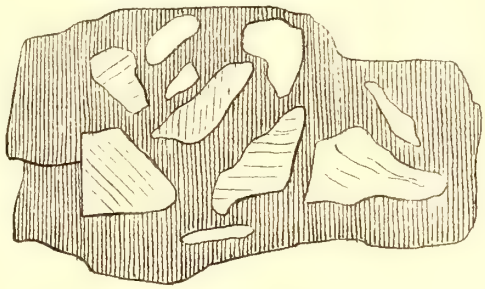
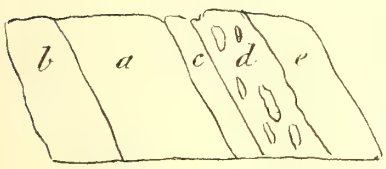
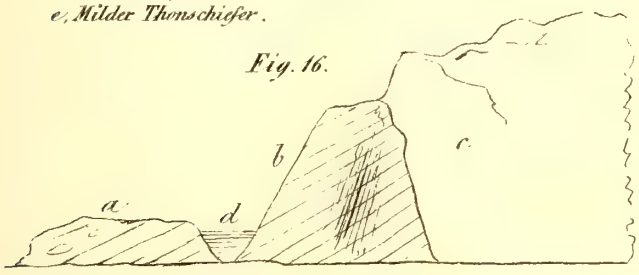


Fig. 14.



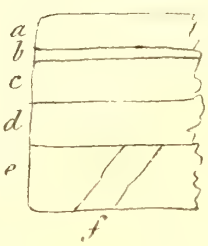
a, Diorit.
b, Harter Thonschiefer.
c, Harter Thonschiefer.
d, Thonschiefer mit Dolomitnieren.
e, Milder Thonschiefer.

Fig. 16.



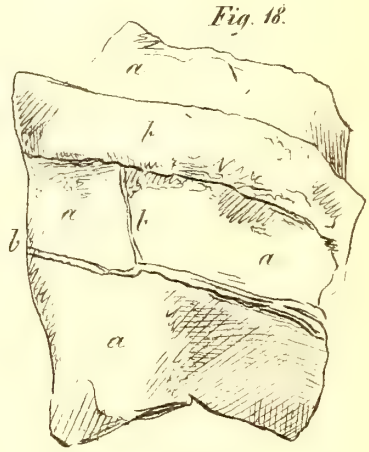
a, Milder Thonschiefer.
b, Schiefer mit Kalkspathträumern.
c, Porphyr.
d, Eine Kluft, die a von b trennt und mit Wasser gefüllt ist.

Fig. 17.

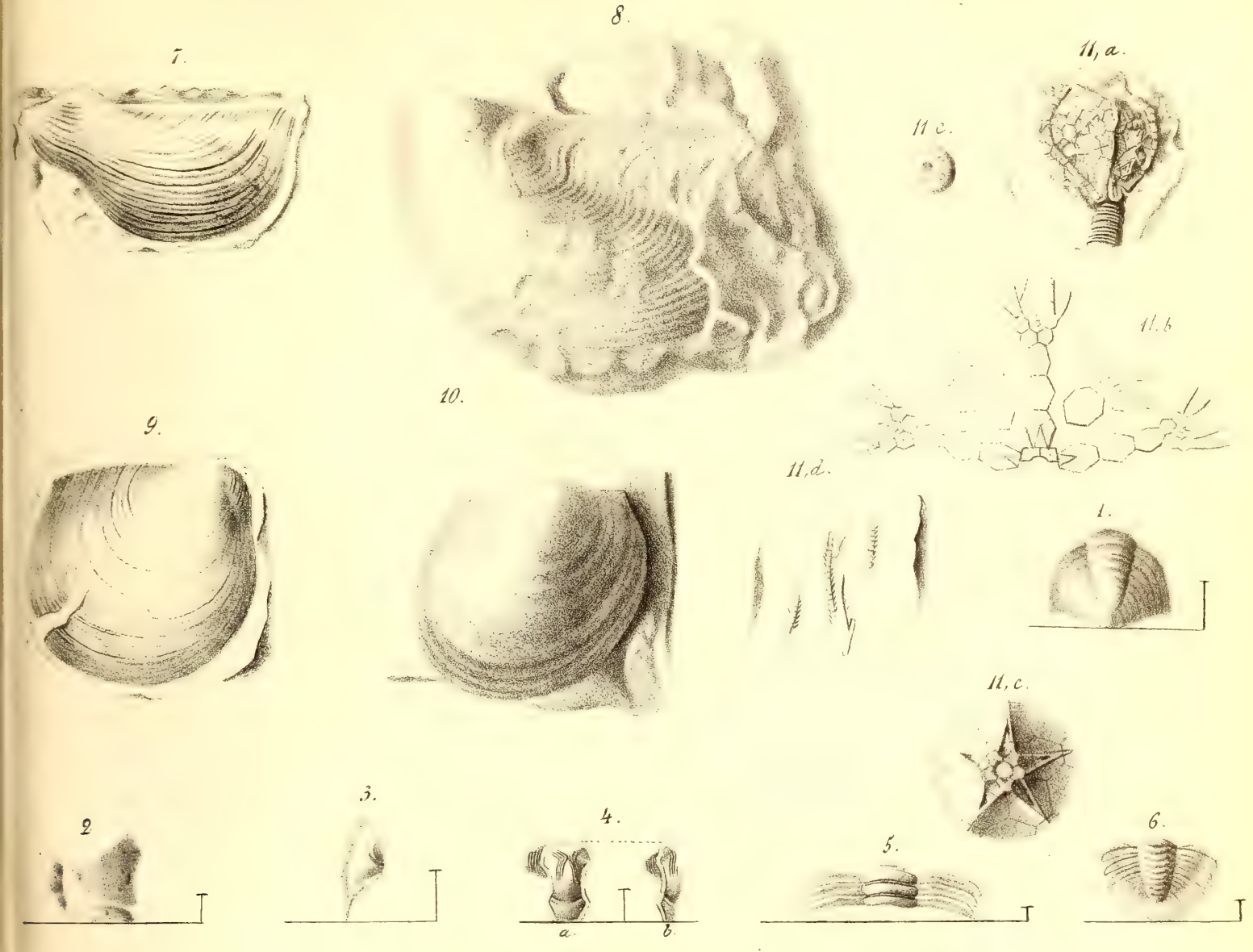


a, Grauer, körniger Kalkstein.
b, Desgleichen mit Allochroit.
c, Kalkstein wie a.
d, Harter Thonschiefer.
e, Körniger Kalkstein.
f, Tremolitgang.

Fig. 18.



Granitadern in hartem, grünem Schiefer, a Schiefer, b Granit.
(Natürliche Grösse.)

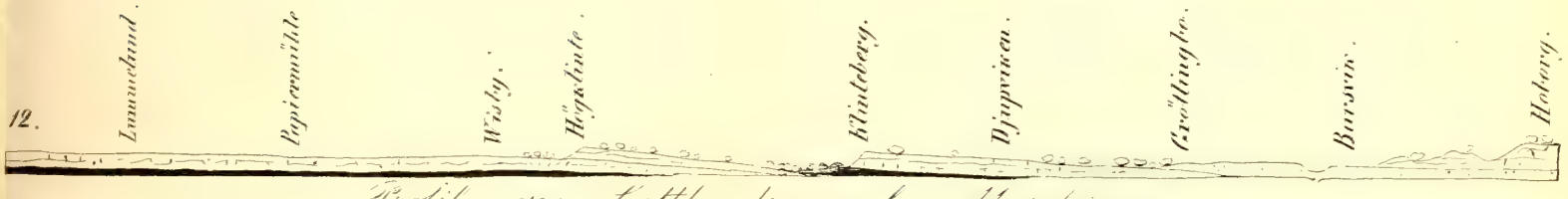


7, Avicula retroflexa (Murchison)

8, Avicula retroflexa Hisinger)

9, Murch. Siluria Pl. 9, fig 1.

10, Avicula ? (Modiola) Gottland.



Profil von Gottland nach Murchison.

Profil von Gottland nach Helmersen.

Kalkthon (Schale.
Kalkstein.
Sandstein.

ВѢКОВЫЯ ВОЗМУЩЕНІЯ

СЕМИ БОЛЬШИХЪ ПЛАНЕТЪ

Д. ПЕРЕВОЩИКОВА.

(Читано 6 ноября 1857 г.)

ОТДѢЛЕНІЕ ТРЕТЬЕ.

1. Въ этомъ отдѣленіи изслѣдованій о вѣковыхъ возмущеніяхъ большихъ планетъ солнечной системы предложены: 1) Годично-вѣковыя измѣненія элементовъ Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, въ предположеніи, что эти четыре планеты составляютъ отдѣльную систему. 2) Формулы, выражающія вѣковыя измѣненія среднихъ долготъ въ эпоху, и 3) ихъ приложеніе къ опредѣленію измѣненій въ среднихъ долготахъ Земли, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна.

I. ГОДИЧНО-ВѢКОВЫЯ ВОЗМУЩЕНІЯ ЮПИТЕРА, САТУРНА, УРАНА и НЕПТУНА.

2. Для элементовъ Нептуна, соотвѣтствующихъ началу 1800 г., принимаемъ

$$a^{VII} = 30{,}04\ (1{,}4776999),$$
$$f^{VII} = 0{,}0087195\ (\bar{3}{,}9404916),$$
$$m^{VII} = \frac{1}{17000},$$
$$n^{VII} = 7872''{,}5985\ (3{,}8961182),$$
$$\omega^{VII} = 47^\circ\ 14'\ 37'',$$
$$N^{VII} = 130^\circ\ 6'\ 52'',$$
$$I^{VII} = 1^\circ\ 46'\ 59''.$$

Потомъ изъ перваго отдѣленія беремъ:

Юпитеръ и Сатурнъ.

$$(m^{IV}, m^{V}) = 7''{,}374477\ (0{,}8677312),\quad (m^{V}, m^{IV}) = 18''{,}216580\ (1{,}2604669),$$
$$[m^{IV}, m^{V}] = 4''{,}821088\ (0{,}6831451),\quad [m^{V}, m^{IV}] = 11''{,}909200\ (1{,}0758826).$$

*

Юпитеръ и Уранъ.

$(m^{IV}, m^{VI}) = 0''{,}105321\ (\bar{1},0225169)$, $(m^{VI}, m^{IV}) = 0''{,}936010\ (\bar{1},9712804)$,

$[m^{IV}, m^{VI}] = 0''{,}035370\ (\bar{2},5486469)$, $[m^{VI}, m^{IV}] = 0''{,}314348\ (\bar{1},4974104)$.

Сатурнъ и Уранъ.

$(m^{V}, m^{VI}) = 0''{,}386869\ (\bar{1},5875642)$, $(m^{VI}, m^{V}) = 1''{,}391850\ (\bar{0},1435920)$,

$[m^{V}, m^{VI}] = 0''{,}232402\ (\bar{1},3662399)$, $[m^{VI}, m^{V}] = 0''{,}836118\ (\bar{1},9222677)$.

Наконецъ вычисляемъ:

Юпитеръ и Нептунъ.

$$\log \alpha = \bar{1},2385371,\ \log \alpha^2 = \bar{2},4770742,\ \alpha^2 = 0,0299967,$$

$$\log (1 - \alpha^2)^2 = \bar{1},9735464,\ \log (1 + \alpha^2) = 0,0128360,$$

$$b^{(0)}_{-\frac{1}{2}} = 2,0150266\ (0,3042894),$$

$$b^{(1)}_{-\frac{1}{2}} = -0,1725438\ (\bar{1},2368994),$$

$(m^{IV}, m^{VII}) = 0''{,}026514\ (\bar{2},4234880)$, $(m^{VII}, m^{IV}) = 0''{,}178655\ (\bar{1},2520162)$,

$[m^{IV}, m^{VII}] = 0''{,}005712\ (\bar{3},7568227)$, $[m^{VII}, m^{IV}] = 0''{,}038490\ (\bar{2},5853509)$.

Сатурнъ и Нептунъ.

$$\log \alpha = \bar{1},5017962,\ \log \alpha^2 = \bar{1},0035924,\ \alpha^2 = 0,1008306,$$

$$\log (1 - \alpha^2)^2 = \bar{1},9076832,\ \log (1 + \alpha^2) = 0,0417205,$$

$$b^{(0)}_{-\frac{1}{2}} = 2,0507412\ (0,3119108),$$

$$b^{(1)}_{-\frac{1}{2}} = -0,3134840\ (\bar{1},4962155),$$

$(m^{V}, m^{VII}) = 0''{,}075884\ (\bar{2},8801515)$, $(m^{VII}, m^{V}) = 0''{,}206987\ (\bar{1},3159440)$,

$[m^{V}, m^{VII}] = 0''{,}029728\ (\bar{2},4731700)$, $[m^{VII}, m^{V}] = 0''{,}081089\ (\bar{2},9089625)$.

Уранъ и Нептунъ.

$$\log \alpha = \bar{1},8052106,\ \log \alpha^2 = \bar{1},6104212,\ \alpha^2 = 0,4077755,$$

$$\log (1 - \alpha^2)^2 = \bar{1},5449730,\ \log (1 + \alpha^2) = 0,1485334,$$

$$b^{(0)}_{-\frac{1}{2}} = 2,2097196\ (0,3443372),$$

$$b^{(1)}_{-\frac{1}{2}} = -0,6041051\ (\bar{1},7811125),$$

$(m^{VI}, m^{VII}) = 0''{,}477987\ (\bar{1},6794164)$, $(m^{VII}, m^{VI}) = 0''{,}362394\ (\bar{1},5591811)$,

$[m^{VI}, m^{VII}] = 0''{,}359107\ (\bar{1},5552235)$, $[m^{VII}, m^{VI}] = 0''{,}272263\ (\bar{1},4349882)$.

Земля и Нептунъ.

$$\log\alpha = \bar{2},5223001,\ \log\alpha^2 = \bar{3},0446002,\ \alpha^2 = 0,0011081,$$
$$\log(1-\alpha^2)^2 = \bar{1},9990370,\ \log(1+\alpha^2) = 0,0004810.$$
$$b^{(0)}_{-\frac{1}{2}} = \quad 2,0005540\ (0,3011504),$$
$$b^{(1)}_{-\frac{1}{2}} = -0,033284\quad (\bar{2},5222458),$$
$$(m^{II}_{,}m^{VII}) = 0'',002113\ (\bar{3},3250188),\ (m^{VII}_{,}m^{II}) = 0'',000018\ (\bar{5},2611303),$$
$$[m^{II}_{,}m^{VII}] = 0,000089\ (\bar{5},9525707),\ [m^{VII}_{,}m^{II}] = 0,000000\ (\bar{7},8886822).$$

3. По этимъ даннымъ, формулы перваго отдѣленія даютъ:

Юпитеръ.

$$\delta f = 0'',265492 + 0'',264802\,\mu^{V} + 0'',000661\,\mu^{VI} + 0'',000029\,\mu^{VII},$$

т. е. отъ 1800 г.,

$$f = 0,0481621 + 0,0000012871\,t.$$

Но какъ въ первомъ отдѣленіи найдено, что отъ взаимнаго дѣйствія семи планетъ, эксцентрицитетъ Юпитера увеличивается ежегодно на 0″,265441; то, присоединивъ сюда дѣйствіе Нептуна, получимъ

$$f = 0,0481621 + 0,0000012929\,t,$$

и

$$\delta Q = 0'',530940.$$

$$\delta\omega = 6'',369343 + 6'',206980\,\mu^{V} + 0'',136684\,\mu^{VI} + 0'',025679\,\mu^{VII};$$

слѣд. полное годичное измѣненіе долготы перигея Юпитера есть

$$\delta\omega = 6'',384023.$$

$$\delta I = -0'',071517 - 0'',000399\,\mu^{VII} + 0'',000567\,\mu^{VI} - 0'',071685\,\mu^{V},$$

и полное измѣненіе наклоненія орбиты Юпитера къ подвижной эклиптикѣ есть

$$\delta I = -0'',207764.$$

Наконецъ

$$\delta N = -1'',481211 + 0'',001659\,\mu^{VII} - 0'',053404\,\mu^{VI} + 5'',633553\,\mu^{V} - 7'',053983\,\mu^{IV} - 0'',009036\,\mu'',$$

и полное годичное движеніе узла юпитеровой орбиты есть

$$\delta N = -14'',206468.$$

Сатурнъ.

$$\delta f = -0'',550625 - 0'',561063\,\mu^{IV} + 0'',010609\,\mu^{VI} - 0'',000173\,\mu^{VII},$$
$$f = 0,0561505 - 0,0000026695\,t;$$

слѣдственно съ дѣйствіемъ Нептуна

$$f = 0{,}0561505 - 0{,}00000266954\,t,$$

$$\delta Q = -1''{,}101264.$$

$$\delta\omega = 16''{,}515237 + 16''{,}094817\,\mu^{IV} + 0''{,}347972\,\mu^{XI} + 0''{,}072448\,\mu^{VII},$$

и полное годичное движеніе перигелія Сатурна

$$\delta\omega = 16''{,}517064.$$

$$\delta I = 0''{,}062320 - 0''{,}000716\,\mu^{VII} + 0''{,}003222\,\mu^{VI} + 0''{,}059814\,\mu^{IV},$$

и полное годичное измѣненіе наклоненія орбиты Сатурна къ подвижной эклиптикѣ есть

$$\delta I = -0''{,}138532.$$

$$\delta N = -13''{,}145298 - 0''{,}025777\,\mu^{VII} - 0''{,}295330\,\mu^{VI} - 0''{,}325549\,\mu^{V} - 12''{,}497612\,\mu^{IV} - 0''{,}001030\,\mu^{II},$$

и полное годичное движеніе узла орбиты Сатурна

$$\delta N = -18''{,}936139.$$

Уранъ.

$$\delta f = -0''{,}054754 - 0''{,}002704\,\mu^{VII} - 0''{,}045984\,\mu^{V} - 0''{,}006066\,\mu^{IV};$$

слѣд. отъ 1800 г.,

$$f = 0{,}0466108 - 0{,}00000026545\,t,$$

и полное годичное уменьшеніе эксцентрицитета орбиты Урана есть

$$0{,}000000265455.$$

$$\delta Q = -0''{,}109508.$$

$$\delta\omega = 2''{,}942977 + 0''{,}520609\,\mu^{VII} + 1''{,}188761\,\mu^{V} + 1''{,}233607\,\mu^{IV},$$

и полное годичное движеніе перигелія

$$\delta\omega = 2''{,}943141.$$

$$\delta I = 0''{,}018671 - 0''{,}012441\,\mu^{VII} - 0''{,}029185\,\mu^{V} + 0''{,}060297\,\mu^{IV},$$

и полное годичное приращеніе наклоненія къ подвижной эклиптикѣ

$$\delta I = 0''{,}020936.$$

$$\delta N = -8''{,}924633 + 0''{,}116885\,\mu^{VII} - 0''{,}007720\,\mu^{VI} + 1''{,}279592\,\mu^{V} - 10''{,}313302\,\mu^{IV} - 0''{,}000088\,\mu'',$$

и полное годичное движеніе узла

$$\delta N = -32''{,}773374.$$

Нептунъ.

$$\delta f = 0''{,}012908 + 0''{,}003040\,\mu^{V} + 0''{,}010960\,\mu^{VI} - 0''{,}001092\,\mu^{IV},$$

$$f = 0{,}0087195 + 0{,}000000062579\,t,$$

$$\delta Q = 0'',025816 + 0'',006080\,\mu^{V} + 0'',021920\,\mu^{VI} - 0'',002184\,\mu^{IV},$$
$$\delta\omega = 0'',921076 + 0'',006912\,\mu^{IV} - 0'',181710\,\mu^{V} + 1'',095874\,\mu^{VI},$$
$$\delta I = -0'',080439 - 0'',082855\,\mu^{IV} - 0'',001610\,\mu^{V} + 0'',004026\,\mu^{VI},$$
$$\delta N = -5'',136069 - 4'',490590\,\mu^{IV} - 0'',157562\,\mu^{V} - 0'',278799\,\mu^{VI} - 0'',002113\,\mu^{VII} - 0,000018\,\mu''.$$

Эти результаты вычислены по слѣдующимъ формуламъ:

$$\delta f = [m^{VI}_{,}m^{V}]f^{V}\sin(\omega^{V}-\omega^{VII}) + [m^{VII}_{,}m^{VI}]f^{VI}\sin(\omega^{VI}-\omega^{VII}) + [m^{VII}_{,}m^{IV}]f^{IV}\sin(\omega^{IV}-\omega^{VII}),$$
$$\delta Q = 2\delta f,$$
$$\delta\omega = (m^{VII}_{,}m^{V}) + (m^{VII}_{,}m^{VI}) + (m^{VII}_{,}m^{IV}) - \left\{[m^{VII}_{,}m^{V}]\frac{f^{V}}{f^{VII}}\cos(\omega^{V}-\omega^{VII}) + [m^{VII}_{,}m^{VI}]\frac{f^{VI}}{f^{VII}}\cos(\omega^{VI}-\omega^{VII}) + [m^{VII}_{,}m^{IV}]\frac{f^{IV}}{f^{VII}}\cos(\omega^{IV}-\omega^{VII})\right\},$$
$$\delta I = \{(m^{VII}_{,}m^{IV}) - (m'',m^{IV})\}\operatorname{tang} I^{IV}\sin(N^{VII}-N^{IV}) + \{(m^{VII}_{,}m^{VI}) - (m'',m^{VI})\}\operatorname{tang} I^{VI}\sin(N^{VII}-N^{VI}) + \{(m^{VII}_{,}m^{V}) - (m'',m^{V})\}\operatorname{tang} I^{V}\sin(N^{VII}-N^{V}),$$
$$\delta N = -\{(m^{VII}_{,}m'') + (m'',m^{VII}) + (m^{VII}_{,}m^{V}) + (m^{VII}_{,}m^{IV})\} + \{(m^{VII}_{,}m^{IV}) - (m'',m^{IV})\}\frac{\operatorname{tang} I^{IV}}{\operatorname{tang} I^{VII}}\cos(N^{VII}-N^{IV}) + \{(m^{VII}_{,}m^{VI}) - (m'',m^{VI})\}\frac{\operatorname{tang} I^{VI}}{\operatorname{tang} I^{VII}}\cos(N^{VII}-N^{VI}) + \{(m^{VII}_{,}m^{V}) - (m'',m^{V})\}\frac{\operatorname{tang} I^{V}}{\operatorname{tang} I^{VII}}\cos(N^{VII}-N^{V}).$$

II. ВѢКОВЫЯ ИЗМѢНЕНІЯ СРЕДНИХЪ ДОЛГОТЪ ВЪ ЭПОХУ.

4. Вѣковыя и періодическія измѣненія средней долготы въ эпоху выражаются формулою

$$dE = \frac{an\sqrt{(1-f^2)}}{f}\left[1-\sqrt{(1-f^2)}\right]\frac{dR}{df}\,dt - 2a^2n\,\frac{dR}{da}\,dt,$$

составляемою обыкновенно посредствомъ Лагранжевой «теоріи измѣненія постоянныхъ произвольныхъ количествъ» въ интегралахъ дифференціальныхъ уравненій обращенія планеты около солнца по общему закону тяготѣнія. По извѣстности этой теоріи, здѣсь не слѣдуетъ предлагать ее вполнѣ; но не безполезны замѣчанія о сокращеніи вычисленій пятнадцати коеффиціентовъ, содержащихся въ выраженіяхъ частныхъ дифференціаловъ функціи возмущеній R:

$$\frac{dR}{da}\,dt = [a,b]\,db + [a,\tau]\,d\tau + [a,f]\,df + [a,l]\,dl + [a,g]\,dg,$$
$$\frac{dR}{db}\,dt = -[a,b]\,da + [b,\tau]\,d\tau + [b,f]\,df + [b,l]\,dl + [b,g]\,dg,$$
$$\frac{dR}{d\tau}\,dt = -[a,\tau]\,da - [b,\tau]\,db + [\tau,f]\,df + [\tau,l]\,dl + [\tau,g]\,dg,$$

$$\frac{dR}{df}dt = -[b,f]\,db - [\tau,f]\,d\tau - [a,f]\,da + [f,l]\,dl + [f,g]\,dg,$$
$$\frac{dR}{dl}dt = -[b,l]\,db - [\tau,l]\,d\tau - [f,l]\,df - [a,l]\,da + [l,g]\,dg,$$
$$\frac{dR}{dg}dt = -[b,g]\,db - [\tau,g]\,d\tau - [f,g]\,df - [l,g]\,dl - [a,g]\,da.$$

Эти выраженія замѣчательны тѣмъ, что если составимъ изъ нихъ полный дифференціалъ функціи R, то онъ будетъ равенъ *нулю*, т. е. въ продолженіе момента времени dt, орбита каждой планеты и ея элементы остаются неизмѣнными; перемѣны въ нихъ происходятъ только по истеченіи каждаго мгновенія, — что согласно съ доказаннымъ въ чл. 3 перваго отдѣленія.

5. Изъ тѣхъ же выраженій надобно вывести измѣненія постоянныхъ произвольныхъ въ частныхъ дифференціалахъ функціи возмущеній, — до чего достигаютъ посредствомъ обыкновенныхъ правилъ исключенія, по опредѣленіи пятнадцати коеффиціентовъ. Такое опредѣленіе продолжительно и требуетъ многихъ вспомогательныхъ формулъ: но вотъ способъ, сокращающій вычисленіе и требующій прямаго опредѣленія только одного коеффиціента, въ которомъ комбинируется среднее разстояніе планеты отъ солнца съ эксцентрицитетомъ ея орбиты, или коеффиціентъ $[a,f]$.

Если чрезъ x', y', z' означимъ координаты какой нибудь точки въ пространствѣ относительно трехъ осей прямоугольныхъ, сопересѣкющихся въ центрѣ солнца, и изъ которыхъ оси x'-въ и y'-въ лежатъ въ плоскости орбиты, и ось x'-въ проходитъ чрезъ перигелій; чрезъ x, y, z — координаты той же точки относительно такихъ же трехъ осей, изъ которыхъ оси x-въ и y-въ лежатъ въ произвольной плоскости; чрезъ β изобразимъ уголъ, составляемый линіею узловъ съ осью x'-въ; наконецъ если предположимъ, что упомянутая точка находится на плоскости орбиты; то выведемъ уравненія

$$\begin{aligned} x &= x'(\cos\beta\cos N - \sin N\sin\beta\cos I) - y'(\cos N\sin\beta + \sin N\cos\beta\cos I)\\ &= Ax' + By',\\ y &= x'(\cos\beta\sin N + \cos N\sin\beta\cos I) + y'(\cos\beta\cos N\cos I - \sin\beta\sin N)\\ &= A'x' + B'y',\\ z &= x'\sin\beta\sin I + y'\cos\beta\sin I\\ &= A''x' + B''y', \end{aligned}$$

въ которыхъ ординаты x', y' зависятъ только отъ постоянныхъ a, f и τ, потому что

$$x' = a(\cos u - f),\ y' = a\sin u\sqrt{(1-f^2)},$$

и количество τ есть произвольное постоянное въ уравненіи

$$nt + \tau = u - f\sin u.$$

Вмѣстѣ съ тѣмъ видно, что ординаты x, y, z могутъ быть выражаемы въ функціяхъ синусовъ и косинусовъ угла $nt + \tau$.

Вспомнимъ еще, что формулы

$$q^2 = c^2 + c'^2 + c''^2$$
$$c = q\cos I,\ c' = -q\cos N\sin I,\ c'' = q\sin N\sin I$$

показываютъ, что c, c', c'' суть проложенія на плоскости ординатъ XY, XZ и YZ двойнаго вырѣзка q, описываемаго радіусомъ-векторомъ на плоскости орбиты въ единицу времени.

6. Къ первымъ интеграламъ уравненій эллиптическаго движенія принадлежатъ уравненія

$$\frac{(dx)^2+(dy)^2+(dz)^2}{(dt)^2} - \frac{2\mu}{r} = 2h, \quad \frac{xdy-ydx}{dt} = c.$$

Интегралы уравненій возмущаемаго эллиптическаго движенія будутъ имѣть тотъ же самый видъ, когда примемъ, что измѣняются произвольныя постоянныя h и c, т. е. когда положимъ (Отд. I, чл. 2)

$$dh = \frac{dR}{dx}dx + \frac{dR}{dy}dy + \frac{dR}{dz}dz = (dR),$$
$$dc = \left(x\frac{dR}{dy} - y\frac{dR}{dx}\right)dt.$$

Но какъ координаты x, y, z суть функцію угла $nt+\tau$, то

$$dh = \frac{dR}{ndt}ndt = n\frac{dR}{d\tau}dt,$$

гдѣ n считается количестомъ постояннымъ.

Чтожъ касается до втораго уравненія, то замѣтимъ, что N, какъ функція ординатъ x, y, даетъ

$$\frac{dR}{dN} = \frac{dR}{dx}\cdot\frac{dx}{dN} + \frac{dR}{dy}\cdot\frac{dy}{dN},$$

гдѣ, по формуламъ преобразованія координатъ члена 5,

$$\frac{dx}{dN} = -y, \frac{dy}{dN} = x,$$

и потому

$$dc = \left(\frac{dR}{dy}x - \frac{dR}{dx}y\right)dt = \frac{dR}{dN}dt,$$

т. е. частный дифференціалъ

$$dc = \frac{dR}{dN}dt$$

есть моментъ возмущающихъ силъ на плоскости XY и около оси z-въ, помноженный на элементъ времени dt. Но какъ уголъ β и вырѣзокъ q находятся на плоскости орбиты, то моментъ возмущающихъ силъ на этой плоскости и около оси z'-въ будетъ

$$\frac{dR}{d\beta}dt = dq.$$

Далѣе: моментъ возмущающихъ силъ на плоскости угла I есть $\frac{dR}{dI}$. Если проложеніе элемента dq на эту плоскость изобразимъ чрезъ dg; то получимъ

$$dg = \frac{dR}{dI}dt.$$

Остается опредѣлить dg. Для этого вспомнимъ, что если какая нибудь площадь проложена на три плоскости координатъ, то ея проложеніе на всякую плоскость, проходящую чрезъ

начало координатъ, равняется суммѣ произведеній упомянутыхъ проложеній на косинусы угловъ, составляемыхъ этой плоскостью съ плоскостями координатъ. Проложенія элемента dq на плоскости координатъ суть dc, dc', dc'', и плоскость угла I къ XY перпендикулярна, съ плоскостью ZY составляетъ уголъ N, а съ плоскостью XZ — уголъ, который есть дополненіе къ углу N, и который надобно взять отрицательно, потому что онъ лежитъ на сторонѣ отрицательныхъ y-въ; слѣдственно

$$dg = dc' \cos(N - 90^\circ) + dc'' \cos N = dc' \sin N + dc'' \cos N.$$

Здѣсь

$$dc' = -\cos N d(q \sin I) + q \sin I \sin N dN,$$
$$dc'' = \sin N d(q \sin I) + q \sin I \cos N dN;$$

отсюда

$$dg = q \sin I dN = \frac{dR}{dI} dt.$$

Потомъ, изъ выраженій

$$h = -\frac{\mu}{2a},\ q = \sqrt{\mu a(1 - f^2)},\ c = q \cos I,$$

находимъ

$$dh = \frac{an^2}{2} da,\ dc = \cos I dq - q \sin I dI,$$
$$dq = \frac{an}{2} \sqrt{(1 - f^2)} . da - \frac{a^2 nf}{\sqrt{(1-f^2)}} df.$$

И такъ

$$\frac{dR}{d\tau} dt = \frac{an}{2} da,$$
$$\frac{dR}{d\beta} dt = \frac{an}{2} da \sqrt{(1 - f^2)} - \frac{a^2 nf}{\sqrt{(1-f^2)}} df,$$
$$\frac{dR}{dI} dt = a^2 n \sqrt{(1 - f^2)} . \sin I dN,$$
$$\frac{dR}{dN} dt = \frac{an}{2} \sqrt{(1 - f^2)} . \cos I da - \frac{a^2 nf}{\sqrt{(1-f^2)}} \cos I df - a^2 n \sqrt{(1 - f^2)} . \sin I dI.$$

Такимъ образомъ четыре частные дифференціала функціи возмущеній найдены совсѣмъ безъ вычисленія. Надобно еще опредѣлить два: $\frac{dR}{da} dt$ и $\frac{dR}{df} dt$.

Формулы чл. 4 составлены на основаніи условій

$$[a,a] = 0,\ \text{и}\ [a,b] = -[b,a],$$

изъ которыхъ заключаемъ: 1) частный дифференціалъ $\frac{dR}{da} dt$ долженъ содержать членъ $-\frac{an}{2} d\tau$, и 2) онъ не можетъ имѣть члена, помножаемаго на dI, а долженъ содержать члены, составленные изъ $d\beta$ и $\cos I dN$, помножаемые на $-\frac{an}{2} \sqrt{(1 - f^2)}$; такъ что

$$\frac{dR}{da} dt = -\frac{an}{2} d\tau - \frac{an}{2} \sqrt{(1 - f^2)} (d\beta + \cos I dN) + [a,f] df.$$

Подобное разсмотрѣніе прочихъ составленныхъ выраженій покажетъ, что

$$\frac{dR}{df} df = \frac{a^2 nf}{\sqrt{(1-f^2)}} (d\beta + \cos I dN) - [a,f] da.$$

И такъ, только одинъ коеффиціентъ $[a,f]$ требуетъ непосредственнаго вычисленія, которое при $nt = -\tau$, или при $u = 0$, даетъ $[a,f] = 0$, потому что

$$AB + A'B' + A''B'' = 0,$$

$$[a,f] = \frac{dx}{da}\cdot\frac{dx_1}{df} - \frac{dx}{df}\cdot\frac{dx_1}{da} + \frac{dy}{da}\cdot\frac{dy_1}{df} - \frac{dy}{df}\cdot\frac{dy_1}{da} + \frac{dz}{da}\cdot\frac{dz_1}{df} - \frac{dz}{df}\cdot\frac{dz_1}{da},$$

гдѣ

$$x_1 = \frac{dx}{dt},\ y_1 = \frac{dy}{dt},\ z_1 = \frac{dz}{dt},$$

и

$$\frac{dx}{da}\cdot\frac{dx_1}{df} = \frac{naAB}{\sqrt{(1-f^2)}},\ \frac{dy}{da}\cdot\frac{dy_1}{df} = \frac{naA'B'}{\sqrt{(1-f^2)}},$$

$$\frac{dz}{da}\cdot\frac{dz_1}{df} = \frac{naA''B''}{\sqrt{(1-f^2)}};$$

$$\frac{dx}{df}\cdot\frac{dx_1}{da} = -\frac{na(1+f)AB}{\sqrt{(1-f^2)}},\ \frac{dy}{df}\cdot\frac{dy_1}{da} = -\frac{na(1+f)A'B'}{\sqrt{(1-f^2)}},$$

$$\frac{dz}{df}\cdot\frac{dz_1}{da} = -\frac{na(1+f)A''B''}{\sqrt{(1-f^2)}}.$$

Вотъ всѣ величины шести частныхъ дифференціаловъ функціи возмущеній. Преобразованіе ихъ не представляетъ уже никакихъ затрудненій, какъ видно изъ слѣдующаго.

7. Вопервыхъ извѣстно, что

$$d\tau = dE - d\omega;$$

вовторыхъ очевидно, что

$$d\beta = d\omega - \cos I dN.$$

Изъ этихъ условій составляется тожественное уравненіе

$$\frac{dR}{d\tau}d\tau + \frac{dR}{d\beta}d\beta + \left(\frac{dR}{dN}\right)dN = \frac{dR}{dE}dE + \frac{dR}{d\omega}d\omega + \frac{dR}{dN}dN,$$

или

$$\frac{dR}{d\tau}dE - \frac{dR}{d\tau}d\omega + \frac{dR}{d\beta}d\omega - \frac{dR}{d\beta}\cos I dN + \left(\frac{dR}{dN}\right)dN = \frac{dR}{dE}dE + \frac{dR}{d\omega}d\omega + \frac{dR}{dN}dN,$$

изъ котораго

$$\frac{dR}{d\tau} = \frac{dR}{dE},$$

$$\frac{dR}{d\beta} = \frac{dR}{d\omega} + \frac{dR}{dE},$$

$$\left(\frac{dR}{dN}\right) = \frac{dR}{dN} + \frac{dR}{d\omega}\cos I + \frac{dR}{dE}\cos I.$$

И такъ

$$\frac{dR}{dE}dt = \frac{an}{2}da,$$

$$\frac{dR}{da}dt = -\frac{an}{2}dE + \frac{an}{2}[1 - \sqrt{(1-f^2)}]d\omega,$$

$$\frac{dR}{d\omega}dt = -\frac{an}{2}[1 - \sqrt{(1-f^2)}]da - \frac{a^2nf}{\sqrt{(1-f^2)}}df,$$

$$\frac{dR}{df}dt = \frac{a^2nf}{\sqrt{(1-f^2)}}d\omega,$$

$$\frac{dR}{dI}dt = a^2 n\sqrt{(1-f^2)}\sin I dN,$$
$$\frac{dR}{dN}dt = -a^2 n\sqrt{(1-f^2)}\sin I dI.$$

Отсюда, принявъ $\mu = 1$,

$$da = 2a^2 n\frac{dR}{dE}dt,$$
$$d\omega = \frac{an\sqrt{(1-f^2)}}{f}\cdot\frac{dR}{df}dt,$$
$$df = -\frac{an\sqrt{(1-f^2)}}{f}[1-\sqrt{(1-f^2)}]\frac{dR}{dE}dt - \frac{an\sqrt{(1-f^2)}}{f}\cdot\frac{dR}{d\omega}dt,$$
$$\left.\begin{aligned} dN &= \frac{na}{\sin I\sqrt{(1-f^2)}}\cdot\frac{dR}{dI}dt, \\ dI &= -\frac{na}{\sin I\sqrt{(1-f^2)}}\cdot\frac{dR}{dN}dt, \end{aligned}\right\}\ldots(a)$$
$$dE = \frac{an\sqrt{(1-f^2)}}{f}[1-\sqrt{(1-f^2)}]\frac{dR}{df}dt - 2a^2 n\frac{dR}{da}dt\ldots(b).$$

Когда уголъ I весьма малъ, тогда выраженія (a) неудобны для вычисленій, и для того, предположивъ

$$p = \operatorname{tang} I\sin N,\ q = \operatorname{tang} I\cos N,$$

превращаютъ ихъ въ

$$\left.\begin{aligned} dp &= \frac{na}{\sqrt{(1-f^2)}}\cdot\frac{dR}{dq}dt, \\ dq &= -\frac{na}{\sqrt{(1-f^2)}}\cdot\frac{dR}{dp}dt. \end{aligned}\right\}\ldots(a').$$

8. Формула (b) будетъ выражать вѣковыя возмущенія, когда изъ разложенія функціи R возьмемъ только тѣ члены, въ которыхъ t не содержится подъ знаками *sin* и *cos*. Функцію этихъ членовъ изобразимъ чрезъ F, и для ея опредѣленія, на основаніи чл. 8, 9 и 14 отдѣленія перваго, находимъ, что разложеніе R до членовъ втораго порядка относительно наклоненій и эксцентрицитетовъ есть

$$\begin{aligned} R = {} & \frac{m'}{2}\Sigma A^{(i)}\cos i\beta + \frac{m'}{2}\Delta r\Sigma\frac{dA^{(i)}}{da}\cos i\beta + \frac{m'}{2}\Delta r'\Sigma\frac{dA^{(i)}}{da'}\cos i\beta \\ & - \frac{m'}{2}(\Delta l' - \Delta l)\Sigma i A^{(i)}\sin i\beta + \frac{m'}{4}(\Delta r)^2\Sigma\frac{d^2A}{(da)^2}\cos i\beta \\ & + \frac{m'}{4}(\Delta r')^2\Sigma\frac{d^2A^{(i)}}{(da')^2}\cos i\beta + \frac{m'}{4}\Delta r\Delta r'\Sigma\frac{d^2A^{(i)}}{dada'}\cos i\beta \\ & - \frac{m'}{2}(\Delta l' - \Delta l)\Delta r\Sigma i\frac{dA^{(i)}}{da}\sin i\beta - \frac{m'}{2}(\Delta l' - \Delta l)\Delta r'\Sigma i\frac{dA^{(i)}}{da'}\sin i\beta \\ & - \frac{m'}{4}(\Delta l' - \Delta l)^2\Sigma i^2 A^{(i)}\cos i\beta - \frac{m'zz'}{a'^3} - \frac{3}{2}\cdot\frac{m'az'^2}{a'^4}\cos\beta \\ & + \frac{m'(z'-z)^2}{4}\Sigma B^{(i)}\cos i\beta, \end{aligned}$$

гдѣ

$$\begin{aligned} \Delta r = a[& -f\cos(nt + E - \omega) + \tfrac{1}{2}f^2 - \tfrac{1}{2}f^2\cos 2(nt + E - \omega) \\ & - \tfrac{1}{2}(p^2 + q^2)\sin^2(nt + E - N)], \\ \Delta r' = a'[& -f'\cos(n't + E' - \omega') + \tfrac{1}{2}f'^2 - \tfrac{1}{2}f'^2\cos 2(n't + E' - \omega') \\ & - \tfrac{1}{2}(p'^2 + q'^2)\sin^2(n't + E' - N')], \end{aligned}$$

$$\Delta l = 2f\sin(nt + E - \omega) + \tfrac{5}{4}f^2\sin 2(nt + E - \omega) - \tfrac{1}{4}(p^2 + q^2)\sin 2(nt + E - N),$$
$$\Delta l' = 2f'\sin(n't + E' - \omega') + \tfrac{5}{4}f'^2\sin 2(n't + E' - \omega') - \tfrac{1}{4}(p'^2 + q'^2)\sin 2(n't + E' - N'),$$
$$z = a\,\mathrm{tang}\,I\sin(nt + E - N),$$
$$z' = a'\,\mathrm{tang}\,I'\sin(n't + E' - N').$$

Теперь надобно предположить:

1) $i = 0$; получимъ

$$\frac{m'}{2}\Sigma A^{(i)}\cos i\beta = \frac{m'}{2}A^{(0)},$$
$$\frac{m'}{2}\Delta r\Sigma\frac{dA^{(i)}}{da}\cos i\beta = \frac{m'}{4}f^2 a\frac{dA^{(0)}}{da} - \frac{m'}{8}a\frac{dA^{(0)}}{da}(p^2 + q^2),$$
$$\frac{m'}{2}\Delta r'\Sigma\frac{dA^{(i)}}{da}\cos i\beta = \frac{m'}{4}f'^2 a'\frac{dA^{(0)}}{da'} - \frac{m'}{8}a'\frac{dA^{(0)}}{da}(p'^2 + q'^2),$$
$$\frac{m'}{4}(\Delta r)^2\Sigma\frac{d^2A^{(i)}}{(da)^2}\cos i\beta = \frac{m'}{8}a^2\frac{d^2A^{(0)}}{(da)^2}f^2,$$
$$\frac{m'}{4}(\Delta r')^2\Sigma\frac{d^2A^{(i)}}{(da')^2}\cos i\beta = \frac{m'}{8}a'^2\frac{d^2A^{(0)}}{(da')^2}f'^2,$$
$$\frac{m'}{4}(z' - z)^2\Sigma B^{(i)}\cos i\beta = \frac{m'}{8}[a^2(p^2 + q^2) + a'^2(p'^2 + q'^2)]B^{(0)}.$$

2) $i = \pm 1$; получимъ

$$\frac{m'}{2}\Delta r\Delta r'\Sigma\frac{d^2A^{(i)}}{dada'}aa'\cos i\beta = \frac{m'}{4}aa'\frac{d^2A^{(1)}}{dada'}ff'\cos(\omega' - \omega),$$
$$-\frac{m'}{2}\Delta r'(\Delta l' - \Delta l)\Sigma i\frac{dA^{(i)}}{da'}\sin i\beta = \frac{m'}{2}a'\frac{dA^{(1)}}{da'}ff'\cos(\omega' - \omega),$$
$$-\frac{m'}{2}\Delta r(\Delta l' - \Delta l)\Sigma i\frac{dA^{(i)}}{da}\sin i\beta = \frac{m'}{2}a\frac{dA^{(1)}}{da}ff'\cos(\omega' - \omega),$$
$$-\frac{m'}{4}(\Delta l' - \Delta l)^2\Sigma i^2A^{(i)}\cos i\beta = \frac{m'}{2}\cdot 2A^{(1)}ff'\cos(\omega' - \omega),$$
$$\frac{m'}{4}(z' - z)^2\Sigma B^{(i)}\cos i\beta = -\frac{m'}{4}B^{(1)}aa'(qq' + pp').$$

И такъ

$$F = \frac{m'}{2}A^{(0)} + \frac{m'}{4}\left(a\frac{dA^{(0)}}{da} + \tfrac{1}{2}a^2\frac{d^2A^{(0)}}{(da)^2}\right)f^2$$
$$+ \frac{m'}{4}\left(a'\frac{dA^{(0)}}{da'} + \tfrac{1}{2}a'^2\frac{d^2A^{(0)}}{(da')^2}\right)f'^2$$
$$+ \frac{m'}{2}\left(2A^{(1)} + a\frac{dA^{(1)}}{da} + a'\frac{dA^{(1)}}{da'} + \tfrac{1}{2}aa'\frac{d^2A^{(1)}}{dada'}\right)ff'\cos(\omega' - \omega)$$
$$- \frac{m'}{8}\left(a\frac{dA^{(0)}}{da} - a^2B^{(0)}\right)(p^2 + q^2)$$
$$- \frac{m'}{8}\left(a'\frac{dA^{(0)}}{da'} - a'^2B^{(0)}\right)(p'^2 + q'^2)$$
$$- \frac{m'}{4}B^{(1)}aa'(qq' + pp').$$

Отсюда

$$\frac{dF}{df} = \frac{m'}{4}\cdot\frac{3aa'(a,a')'}{(a'^2 - a^2)^2}f - \frac{m'}{2}\cdot\frac{3[aa'(a,a') + (a'^2 + a^2)(a,a')']}{(a'^2 - a^2)^2}f'\cos(\omega' - \omega);$$

потому что

$$a\frac{dA^{(0)}}{da}+\tfrac{1}{2}a^2\frac{d^2A^{(0)}}{(da)^2}=\frac{3aa'(a,a')'}{2(a'^2-a^2)^2},$$

$$2aA^{(1)}+a^2\frac{dA^{(1)}}{da}+aa'\frac{dA^{(1)}}{da'}+\tfrac{1}{2}a^2a'\frac{d^2A^{(1)}}{dada'}=-\alpha b^{(1)}_{\frac{1}{2}}+\alpha^2\frac{db^{(1)}_{\frac{1}{2}}}{d\alpha}+\tfrac{1}{2}\alpha^3\frac{d^2b^{(1)}_{\frac{1}{2}}}{(d\alpha)^2}$$
$$=-\frac{3aa'(a,a')+3(a'^2+a^2)(a,a')'}{(a'^2-a^2)^2}.$$

Потомъ находимъ

$$\frac{dF}{da}=\frac{m'}{2}\cdot\frac{dA^{(0)}}{da}+\frac{m'}{4}\left(\frac{dA^{(0)}}{da}+2a\frac{d^2A^{(0)}}{(da)^2}+\tfrac{1}{2}a^2\frac{d^3A^{(0)}}{(da)^3}\right)f^2$$
$$+\frac{m'}{4}\left(a'\frac{d^2A^{(0)}}{da'da}+\tfrac{1}{2}a'^2\frac{d^3A^{(0)}}{(da')^2da}\right)f'^2$$
$$+\frac{m'}{2}\left(3\frac{dA^{(1)}}{da}+a\frac{d^2A^{(1)}}{(da)^2}+\frac{3}{2}a'\frac{d^2A^{(1)}}{da'da}+\tfrac{1}{2}aa'\frac{d^3A^{(1)}}{(da)^2da'}\right)ff'\cos(\omega'-\omega)$$
$$-\frac{m'}{8}\left(\frac{dA^{(0)}}{da}+a\frac{d^2A^{(0)}}{(da)^2}-2aB^{(0)}-a^2\frac{dB^{(0)}}{da}\right)(p^2+q^2)$$
$$-\frac{m'}{8}\left(a'\frac{d^2A^{(0)}}{da'da}-a'^2\frac{dB^{(0)}}{da}\right)(p'^2+q'^2)$$
$$-\frac{m'}{4}\left(a'B^{(1)}+aa'\frac{dB^{(1)}}{da}\right)(qq'+pp').$$

Здѣсь

$$\frac{dA^{(0)}}{da}=\frac{2a(a,a')+3a'(a,a)'}{(a'^2-a^2)^2},$$

$$2a\frac{d^2A^{(0)}}{(da)^2}=-\frac{8a(a,a')+6a'(a,a')'}{(a'^2-a^2)^2},$$

$$\tfrac{1}{2}a^2\frac{d^3A^{(0)}}{(da)^3}=\frac{6a(a'^2-2a^2)(a,a')+3a'(2a'^2-a^2)(a,a')'}{2(a'^2-a^2)^3},$$

потому что

$$\frac{d^3b^{(0)}_{\frac{1}{2}}}{(d\alpha)^3}=-\frac{3(1-2\alpha^2)}{\alpha(1-\alpha^2)^3}b^{(0)}_{-\frac{1}{2}}-\frac{3(2-\alpha^2)}{\alpha^2(1-\alpha^2)^3}b^{(1)}_{-\frac{1}{2}};$$

слѣд.

$$\frac{dA^{(0)}}{da}+2a\frac{d^2A^{(0)}}{(da)^2}+\tfrac{1}{2}a^2\frac{d^3A^{(0)}}{(da)^3}=-\frac{6aa'^2(a,a')-3a'a^2(a,a')'}{2(a'^2-a^2)^3},$$

и

$$a'\frac{d^2A^{(0)}}{(da)^2}+\tfrac{1}{2}a'^2\frac{d^3A^{(0)}}{(da')^2da}=\frac{dA^{(0)}}{da}+2a\frac{d^2A^{(0)}}{(da)^2}+\tfrac{1}{2}a^2\frac{d^3A^{(0)}}{(da)^3}$$
$$=-\frac{6aa'^2(a,a')-3a'a^2(a,a')'}{2(a'^2-a^2)^3}.$$

Потомъ

$$3\frac{dA^{(1)}}{da}+a\frac{d^2A^{(1)}}{(da)^2}+\frac{3}{2}a'\frac{d^2A^{(1)}}{dada'}+\tfrac{1}{2}aa'\frac{d^3A^{(1)}}{(da)^2da'}=-2a\frac{d^2A^{(1)}}{(da)^2}-\tfrac{1}{2}a^2\frac{d^3A^{(1)}}{(da)^3},$$

гдѣ

$$\frac{d^2b^{(1)}_{\frac{1}{2}}}{(d\alpha)^2}=\frac{3}{\alpha(1-\alpha^2)^2}b^{(0)}_{-\frac{1}{2}}+\frac{6}{\alpha^2(1-\alpha^2)^2}b^{(1)}_{-\frac{1}{2}},$$

$$-2a\frac{d^2A^{(1)}}{(da)^2}=\frac{12aa'(a,a')+12a'^2(a,a')'}{a(a'^2-a^2)^2};$$

а какъ сверхъ того

$$\frac{d^2 b^{(1)}_{\frac{1}{2}}}{(d\alpha)^2} = \frac{3\alpha^2-1}{\alpha(1-\alpha^2)^2} b^{(0)}_{\frac{1}{2}} + \frac{2-4\alpha^2}{\alpha^2(1-\alpha^2)^2} b^{(1)}_{\frac{1}{2}},$$

то

$$\frac{d^3 b^{(1)}_{\frac{1}{2}}}{(d\alpha)^3} = -\frac{3(3-4\alpha^2)}{\alpha^2(1-\alpha^2)^3} b^{(0)}_{-\frac{1}{2}} - \frac{3(6-5\alpha^2)}{\alpha^3(1-\alpha^2)^3} b^{(1)}_{-\frac{1}{2}},$$

и

$$-\tfrac{1}{2} a^2 \frac{d^3 A^{(1)}}{(da)^3} = -\frac{6aa'(3a'^2-4a^2)(a,a')+3a'^2(6a'^2-5a^2)(a,a')'}{2a(a'^2-a^2)^3}.$$

И такъ

$$3\frac{dA^{(1)}}{da} + a\frac{d^2 A^{(1)}}{(da)^2} + \tfrac{3}{2}a'\frac{d^2 A^{(1)}}{da'da} + \tfrac{1}{2}aa'\frac{d^3 A^{(1)}}{(da)^2 da'} = \frac{6aa'^3(a,a')+(6a'^4-9a^2a'^2)(a,a')'}{2a(a'^2-a^2)^3}.$$

Поелику

$$B^{(i)} = \frac{'}{a^3} b^{(i)}_{\frac{3}{2}}, \quad \frac{dB^{(i)}}{da} = \frac{1}{a'^4}\cdot\frac{db^{(i)}_{\frac{3}{2}}}{d\alpha},$$

слѣд.

$$a^2\frac{dB^{(0)}}{da} = \frac{6a^3(a,a')-3a^2a'(a,a')'}{(a'^2-a^2)^3},$$

$$2aB^{(0)} = \frac{4a(a,a')}{(a'^2-a^2)^2},$$

и

$$\frac{dA^{(0)}}{da} + a\frac{d^2 A^{(0)}}{(da)^2} - a^2\frac{dB^{(0)}}{da} - 2aB^{(0)} = -\frac{6aa'^2(a,a')-3a^2a'(a,a')'}{(a'^2-a^2)^3}.$$

Нашедши, что

$$a'^2\frac{dB^{(0)}}{da} = \frac{6aa'^2(a,a')-3a'^3(a,a')'}{(a'^2-a^2)^3},$$

получимъ

$$a'\frac{d^2 A^{(0)}}{da'da} - a'^2\frac{dB^{(0)}}{da} = -\frac{6aa'^2(a,a')-3a'a^2(a,a')'}{(a'^2-a^2)^3}.$$

Наконецъ

$$a'B^{(1)} + aa'\frac{dB^{(1)}}{da} = \frac{6aa'^2(a,a')-3a'a^2(a,a')'}{(a'^2-a^2)^3},$$

потому что

$$b^{(2)}_{\frac{3}{2}} = -\frac{3}{(1-\alpha^2)^2} b^{(0)}_{-\frac{1}{2}} - \frac{6(1+\alpha^2)}{\alpha(1-\alpha^2)^2} b^{(1)}_{-\frac{1}{2}},$$

и

$$\frac{db^{(1)}_{\frac{3}{2}}}{d\alpha} = \frac{1+4\alpha^2}{\alpha(1-\alpha^2)} b^{(1)}_{\frac{3}{2}} - \frac{1}{1-\alpha^2} b^{(2)}_{\frac{3}{2}}$$

$$= \frac{3}{(1-\alpha^2)^3} b^{(0)}_{-\frac{1}{2}} + \frac{3-6\alpha^2}{\alpha(1-\alpha^2)^3} b^{(1)}_{-\frac{1}{2}}.$$

И такъ наконецъ

$$\frac{dF}{da} = \frac{m'}{2}\cdot\frac{2a(a,a')+3a'(a,a')'}{(a'^2-a^2)^2} - \frac{m'}{8}\frac{6aa'^2(a,a')-3a^2a'(a,a')'}{(a'^2-a^2)^3} f^2$$

$$+ \frac{m'}{4}\cdot\frac{6aa'^3(a,a')+(6a'^4-9a^2a'^2)(a,a')'}{a(a'^2-a^2)^3} ff' \cos(\omega'-\omega)$$

$$+ \frac{m'}{8}\cdot\frac{6aa'^2(a,a')-3a^2a'(a,a')'}{(a'^2-a^2)^3}\left[(p-p')^2 + (q-q')2 - f'^2\right].$$

9. Если въ формулѣ (*b*) удержимъ только члены втораго порядка относительно эксцентрицитета, то она превратится въ

$$\frac{dE}{dt} = \tfrac{1}{2} anf \frac{dF}{df} - 2a^2 n \frac{dF}{da},$$

и потому

$$\begin{aligned}
\frac{dE}{dt} = &- m' \cdot \frac{an[2a^2(a,a') + 3aa'(a,a')']}{(a'^2-a^2)^2} \\
&+ \frac{m'}{8} \cdot an \left[\frac{3aa'(a,a')'}{(a'^2-a^2)^2} + \frac{12a^2a'^2(a,a') - 6a^3a'(a,a')'}{(a'^2-a^2)^3} \right] f^2 \\
&- \frac{m'}{4} an \left[\frac{3aa'(a,a') + 3(a'^2+a^2)(a,a')'}{(a'^2-a^2)^2} + \frac{12aa'^3(a,a') + 2(6a'^4-9a^2a'^2)(a,a')'}{(a'^2-a^2)^2} \right] ff' \cos(\omega' - \omega) \\
&- \frac{m}{8} \cdot an \frac{12a^2a'^2(a,a') - 6a^3a'(a,a')'}{(a'^2-a^2)^3} [(p-p')^2 + (q-q')^2 - f'^2] \\
= &- m' \cdot \frac{an[2a^2(a,a') + 3aa'(a,a')']}{(a'^2-a^2)^2} + \frac{m'}{8} \cdot \frac{an[12a^2a'^2(a,a') - 3aa'(3a^2-a'^2)(a,a')']}{(a'^2-a^2)^3} f^2 \\
&- \frac{m'}{4} \cdot \frac{an[3aa'(5a'^2-a^2)(a,a') + 3(5a'^4-6a^2a'^2-a^4)(a,a')']}{(a'^2-a^2)^3} ff' \cos(\omega' - \omega) \\
&- \frac{m'}{8} \cdot \frac{an[12a^2a'^2(a,a') - 6a^3a'(a,a')']}{(a'^2-a^2)^3} [(p-p')^2 + (q-q')^2 - f'^2],
\end{aligned}$$

или

$$\frac{dE}{dt} = \overline{[a,a]} + \overline{[a,a']}_1 f^2 + \overline{[a,a']}_2 ff' \cos(\omega' - \omega) + \overline{[a,a']}_3 [(p-p')^2 + (q-q')^2 - f'^2] \ldots (c),$$

гдѣ

$$\begin{aligned}
\overline{[a,a']} &= - m' \cdot \frac{an[2a^2(a,a') + 3aa'(a,a')']}{(a'^2-a^2)^2} \\
&= - \frac{m'n[\alpha^3 b^{(0)}_{\frac{1}{2}} + 3\alpha^2 b^{(1)}_{\frac{1}{2}}]}{(1-\alpha^2)^2},
\end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned}
\overline{[a',a]} &= - \frac{mn'[2a'^3(a,a') + 3a'^2a(a,a')']}{(a'^2-a^2)^2} \\
&= - \frac{mn'[b^{(0)}_{\frac{1}{2}} + 3\alpha b^{(1)}_{\frac{1}{2}}]}{(1-\alpha^2)^2} \\
\overline{[a,a']}_1 &= \frac{m'}{8} \cdot \frac{n[12a^3a'^2(a,a') - 3a^2a'(3a^2-a'^2)(a,a')']}{(a'^2-a^2)^3} \\
&= \frac{m'}{8} \cdot \frac{n[6\alpha^3 b^{(0)}_{\frac{1}{2}} - 3\alpha^2(3\alpha^2-1) b^{(1)}_{\frac{1}{2}}}{(1-\alpha^2)^3},
\end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned}
\overline{[a',a]}_1 &= - \frac{m'}{8} \cdot \frac{n'[12a'^3a^2(a,a') - 3a'^2a(3a'^2-a^2)(a,a')']}{(a'^2-a^2)^3} \\
&= - \frac{m}{8} \cdot \frac{n'[6\alpha^2 b^{(0)}_{\frac{1}{2}} - 3\alpha(3-\alpha^2) b^{(1)}_{\frac{1}{2}}]}{(1-\alpha^2)^3}; \\
\overline{[a,a']}_2 &= - \frac{m'}{4} \cdot \frac{n[3a^2a'(5a'^2-a^2)(a,a') + 3a(5a'^4-6a^2a'^2-a^4)(a,a')']}{(a'^2-a^2)^3} \\
&= - \frac{m'}{8} \cdot \frac{n[3\alpha^2(5-\alpha^2) b^{(0)}_{\frac{1}{2}} + 6\alpha(5-6\alpha^2-\alpha^4) b^{(1)}_{\frac{1}{2}}}{(1-\alpha^2)^3},
\end{aligned}$$

и
$$\overline{[a',a]}_2 = \frac{m}{4}\cdot\frac{n'[3a'^2a(5a^2-a'^2)(a,a')+3a'(5a^4-6a^2a'^2-a'^4)(a,a')']}{(a'^2-a^2)^3}$$
$$= \frac{m}{8}\cdot\frac{n'[3\alpha(5\alpha-1)b_{\frac{1}{2}}^{(0)}+6(5\alpha^4-6\alpha^2-1)b_{\frac{1}{2}}^{(1)}]}{(1-\alpha^2)^3};$$
$$\overline{[a,a']}_3 = -\frac{m'}{8}\cdot\frac{n[12a^3a'^2(a,a')-6a^4a'(a,a')']}{(a'^2-a^2)^3}$$
$$= -\frac{m'}{8}\cdot\frac{n[6\alpha^3b_{\frac{1}{2}}^{(0)}-6\alpha^4b_{\frac{1}{2}}^{(1)}]}{(1-\alpha^2)^3},$$

и
$$\overline{[a',a]}_3 = \frac{m}{8}\cdot\frac{n'[12a'^3a^2(a,a')-6a'^4a(a,a')']}{(a'^2-a^2)^3}$$
$$= \frac{m}{8}\cdot\frac{n'[6\alpha^2b_{\frac{1}{2}}^{(0)}-6\alpha b_{\frac{1}{2}}^{(1)}]}{(1-\alpha^2)^3}.$$

10. Когда въ формулѣ (c) перемѣнимъ

f и f' на $f+t\delta f$ и $f'+t\delta f'$,
ω и ω' на $\omega+t\delta\omega$ и $\omega'+t\delta\omega'$,
p и p' на $p+t\delta p$ и $p'+t\delta p'$,
q и q' на $q+t\delta q$ и $q'+t\delta q'$,

и произведемъ интегрированіе; тогда получимъ слѣдующую общую формулу годично-вѣковыхъ измѣненій средней долготы въ эпоху:

$$(A)\ldots\delta E = \{\overline{[a,a']}+\overline{[a,a']}_1 f^2+\overline{[a,a']}_2 ff'\cos(\omega'-\omega)+\overline{[a,a']}_3(\operatorname{tang}^2 i-f'^2)\}t$$
$$+\tfrac{1}{2}\{2\overline{[a,a']}_1 f\delta f+\overline{[a,a']}_2[(f'\delta f+f\delta f')\cos(\omega'-\omega)-ff'(\delta\omega'-\delta\omega)\sin(\omega'-\omega)]$$
$$+2\overline{[a,a']}_3\Big[\Big(\frac{\operatorname{tang} I}{\cos^2 I}-\frac{\operatorname{tang} I'}{\cos^2 I}\cos(N-N')\Big)\delta I$$
$$+\Big(\frac{\operatorname{tang} I'}{\cos^2 I'}-\frac{\operatorname{tang} I}{\cos^2 I'}\cos(N-N')\Big)\delta I'$$
$$+\operatorname{tang} I\operatorname{tang} I'\sin(N'-N)(\delta N'-\delta N)-f'\delta f']\}t^2,$$

гдѣ i означаетъ взаимное наклоненіе двухъ планетъ и опредѣляется чрезъ (чл. 22 отдѣленія I)

$$\operatorname{tang}^2 i = \operatorname{tang}^2 I'+\operatorname{tang}^2 I-2\operatorname{tang} I'\operatorname{tang} I\cos(N'-N).$$

11. Приступаемъ къ вычисленіямъ, и сперва относительно Земли, не принимая въ расчетъ дѣйствія Нептуна, потому что изъ чл. 2 видно, что ихъ взаимныя дѣйствія ничтожны. Притомъ, для Земли, формула (A) приметъ слѣдующій видъ:

$$\delta E = \{\overline{[a'',a]}+\overline{[a'',a]}_1 f''^2+\overline{[a'',a]}_2 ff''\cos(\omega-\omega'')+\overline{[a'',a]}_3(\operatorname{tang}^2 I-f^2)\}t$$
$$+\tfrac{1}{2}\{2\overline{[a'',a]}_1 f''\delta f''+\overline{[a'',a]}_2[(f\delta f''+f''\delta f)\cos(\omega-\omega'')-ff''(\delta\omega-\delta\omega'')\sin(\omega-\omega'')]$$
$$+2\overline{[a'',a]}_3\Big(\frac{\operatorname{tang} I}{\cos^2 I}\delta I-f\delta f\Big)\Big\}t^2.$$

Земля и Меркурій.

$$\overline{[a'',a]} = -0''{,}9770542\,(\bar{1},9899187),$$
$$\overline{[a'',a]}_1 = -0''{,}2744454\,(\bar{1},4384560),$$
$$\overline{[a'',a]}_2 = \;\;0''{,}3046285\,(\bar{1},4837563),$$
$$\overline{[a'',a]}_3 = \;\;0''{,}2415013\,(\bar{1},3829194),$$
$$\delta E = -0''{,}9827374\,t + 0''{,}000000012362\,t^2.$$

Земля и Венера.

$$\overline{[a'',a']} = -11''{,}5306680\,(1,0618546),$$
$$\overline{[a'',a']}_1 = -39''{,}9614090\,(1,6016408),$$
$$\overline{[a'',a']}_2 = \;\;71''{,}1921340\,(1,8524320),$$
$$\overline{[a'',a']}_3 = \;\;37''{,}3744430\,(1,5725748),$$
$$\delta E = -11''{,}4052968\,t + 0,000000595842\,t^2.$$

Земля и Марсъ.

$$\overline{[a'',a''']} = \;\;0''{,}2557418\,(\bar{1},4078017),$$
$$\overline{[a'',a''']}_1 = \;\;1''{,}3110693\,(0,1176257),$$
$$\overline{[a'',a''']}_2 = -2''{,}5176052\,(0,4009876),$$
$$\overline{[a'',a''']}_3 = -1''{,}4601667\,(0,1644028),$$
$$\delta E = 0''{,}2696517\,t + 0''{,}000000130923\,t^2.$$

Земля и Юпитеръ.

$$\overline{[a'',a^{IV}]} = \;\;9''{,}1428042\,(0,9610794),$$
$$\overline{[a'',a^{IV}]}_1 = \;\;11''{,}5972690\,(1,0643558),$$
$$\overline{[a'',a^{IV}]}_2 = -\;\;9''{,}7317290\,(0,9881900),$$
$$\overline{[a'',a^{IV}]}_3 = -15''{,}1242420\,(1,1796737),$$
$$\delta E = 9''{,}1729726\,t + 0''{,}000001305394\,t^2.$$

Земля и Сатурнъ.

$$\overline{[a'',a^{V}]} = \;\;0''{,}4304923\,(\bar{1},6339654),$$
$$\overline{[a'',a^{V}]}_1 = \;\;0''{,}5018964\,(\bar{1},7006145),$$
$$\overline{[a'',a^{V}]}_2 = -0''{,}2376214\,(\bar{1},3758856),$$
$$\overline{[a'',a^{V}]}_3 = -0''{,}6646676\,(\bar{1},8226045),$$
$$\delta E = 0''{,}4312489\,t - 0''{,}000000076255\,t^2.$$

Земля и Уранъ.

$$\overline{[a'', a^{VI}]} = \quad 0'',0102757\,(\bar{2},0118137),$$
$$\overline{[a'', a^{VI}]}_1 = \quad 0'',0116655\,(\bar{2},0669054),$$
$$\overline{[a'', a^{VI}]}_2 = -\,0'',0027773\,(\bar{3},4436358),$$
$$\overline{[a'', a^{VI}]}_3 = -\,0'',0155303\,(\bar{2},1911799),$$
$$\delta E = 0'',0103091\,t - 0'',000000000331\,t^2.$$

И такъ полное измѣненіе средней долготы земли въ эпоху есть

$$\delta E'' = -\,2'',5038519\,t + 0'',000001967935\,t^2.$$

12. Обращаемся къ системѣ планетъ Юпитера, Стурна, Урана и Нептуна.

Юпитеръ и Сатурнъ.

$$\overline{[a^{IV}, a^{V}]} = \quad 7'',4883952\,(0,8743887),$$
$$\overline{[a^{IV}, a^{V}]}_1 = \quad 22'',9332950\,(1,3604665),$$
$$\overline{[a^{IV}, a^{V}]}_2 = -\,41'',1203000\,(1,6140563),$$
$$\overline{[a^{IV}, a^{V}]}_3 = -\,26'',6205300\,(1,4252168),$$
$$\log \operatorname{tang}^2 i = \bar{4},6808792,\ i = 1^\circ\ 15'\ 16'',4,$$
$$\delta E = 7'',5896569\,t - 0'',000000418853\,t^2.$$

Юпитеръ и Уранъ.

$$\overline{[a^{IV}, a^{VI}]} = \quad 0'',1325591\,(\bar{1},1224096),$$
$$\overline{[a^{IV}, a^{VI}]}_1 = \quad 0'',1894413\,(\bar{1},2774747),$$
$$\overline{[a^{IV}, a^{VI}]}_2 = -\,0'',2142926\,(\bar{1},3310072),$$
$$\overline{[a^{IV}, a^{VI}]}_3 = -\,0'',3474233\,(\bar{1},5408590),$$
$$\log \operatorname{tang}^2 i = \bar{4},1731863,\ i = 0^\circ\ 41'\ 57'',6,$$
$$\delta E = 0'',1340423\,t + 0'',000000021116\,t^2.$$

Юпитеръ и Нептунъ.

$$\overline{[a^{IV}, a^{VIII}]} = \quad 0'',0345508\,(\bar{2},5384577),$$
$$\overline{[a^{IV}, a^{VIII}]}_1 = \quad 0'',0428519\,(\bar{2},6319708),$$
$$\overline{[a^{IV}, a^{VIII}]}_2 = -\,0'',0327082\,(2,5146562),$$
$$\overline{[a^{IV}, a^{VIII}]}_3 = -\,0'',0561093\,(\bar{2},7490346),$$
$$\log \operatorname{tang}^2 i = \bar{4},4465372,\ i = 0^\circ\ 57'\ 28'',$$
$$\delta E = 0'',0346277\,t + 0'',000000001489\,t^2.$$

И такъ общее измѣненіе средней долготы Юпитера въ эпоху есть

$$\delta E^{IV} = 7''{,}7583269\, t - 0''{,}000000396248\, t^2.$$

Сатурнъ и Юпитеръ.

$$\overline{[a^V, a^{IV}]} = -109''{,}8497800\ (2{,}0407993),$$
$$\overline{[a^V, a^{IV}]}_1 = -\ 93''{,}0523420\ (1{,}9687273),$$
$$\overline{[a^V, a^{IV}]}_2 = \ \ 137''{,}2578500\ (2{,}1375373),$$
$$\overline{[a^V, a^{IV}]}_3 = \ \ 83''{,}9470380\ (1{,}9240054),$$
$$\delta E = -110''{,}2205235\, t + 0''{,}000003714397\, t^2.$$

Сатурнъ и Уранъ.

$$\overline{[a^V, a^{VI}]} = \ \ 0''{,}4148130\ (\bar{1}{,}6178524),$$
$$\overline{[a^V, a^{VI}]}_1 = \ \ 1''{,}0622078\ (0{,}0262095),$$
$$\overline{[a^V, a^{VI}]}_2 = -1''{,}8220237\ (0{,}2605541),$$
$$\overline{[a^V, a^{VI}]}_3 = -1''{,}6425100\ (0{,}2155081),$$
$$\log \operatorname{tang}^2 i = \bar{3}{,}0656544,\ i = 1^\circ\ 57'\ 12''{,}8,$$
$$\delta E = 0''{,}4188584\, t - 0''{,}000000311256\, t^2.$$

Сатурнъ и Нептунъ.

$$\overline{[a^V, a^{VII}]} = \ \ 0''{,}0933615\ (\bar{2}{,}9701681),$$
$$\overline{[a^V, a^{VII}]}_1 = \ \ 0''{,}1458751\ (\bar{1}{,}1639815),$$
$$\overline{[a^V, a^{VII}]}_2 = -0''{,}1869941\ (\bar{1}{,}2718279),$$
$$\overline{[a^V, a^{VII}]}_3 = -0''{,}1838173\ (\bar{1}{,}2643864),$$
$$\log \operatorname{tang}^2 i = \bar{4}{,}4614985,\ i = 0^\circ\ 58'\ 28''{,}6,$$
$$\delta E = 0''{,}0937140\, t - 0''{,}000000022290\, t^2.$$

И такъ общее измѣненіе средней долготы Сатурна въ эпоху есть

$$\delta E^V = -109''{,}7079511\, t + 0''{,}000003380951\, t^2.$$

Уранъ и Юпитеръ.

$$\overline{[a^{VI}, a^{IV}]} = -31''{,}1236210\ (1{,}4930902),$$
$$\overline{[a^{VI}, a^{IV}]}_1 = -\ 3''{,}5540225\ (0{,}5507201),$$
$$\overline{[a^{VI}, a^{IV}]}_2 = \ \ 2''{,}8462291\ (0{,}4542699),$$
$$\overline{[a^{VI}, a^{IV}]}_3 = \ \ 3''{,}0862256\ (0{,}4894277),$$
$$\delta E = -31''{,}1438953\, t - 0''{,}000000188614\, t^2.$$

Уранъ и Сатурнъ.

$$\overline{[a^{VI}, a^{V}]} = -10''{,}9113550\,(1{,}0378788),$$
$$\overline{[a^{VI}, a^{V}]}_1 = -\ 6''{,}6044660\,(0{,}8198378),$$
$$\overline{[a^{VI}, a^{V}]}_2 = \quad 9''{,}0624184\,(0{,}9572441),$$
$$\overline{[a^{VI}, a^{V}]}_3 = \quad 5''{,}9086154\,(0{,}7714857),$$
$$\delta E = -10''{,}9326775\,t + 0''{,}000001624186\,t^2.$$

Уранъ и Нептунъ.

$$\overline{[a^{VI}, a^{VII}]} = \quad 0''{,}4233106\,(\bar{1}{,}6266591),$$
$$\overline{[a^{VI}, a^{VII}]}_1 = \quad 1''{,}9753568\,(0{,}2956456),$$
$$\overline{[a^{VI}, a^{VII}]}_2 = -3''{,}7615860\,(0{,}5753711),$$
$$\overline{[a^{VI}, a^{VII}]}_3 = -2''{,}2143500\,(0{,}3452464),$$
$$\log \operatorname{tang}^2 i = \bar{4}{,}8419786,\quad i = 1^\circ\ 30'\ 36''{,}4,$$
$$\delta E = 0''{,}4270019\,t - 0''{,}000000092652\,t^2,$$

и вообще

$$\delta E^{VI} = -41''{,}6495709\,t + 0''{,}000001342920\,t^2.$$

Нептунъ и Юпитеръ.

$$\overline{[a^{VII}, a^{IV}]} = -15''{,}3425560\,(1{,}1858978),$$
$$\overline{[a^{VII}, a^{IV}]}_1 = -\ 0''{,}6458436\,(\bar{1}{,}8101273),$$
$$\overline{[a^{VII}, a^{IV}]}_2 = \quad 0''{,}3357515\,(\bar{1}{,}5260179),$$
$$\overline{[a^{VII}, a^{IV}]}_3 = \quad 0''{,}5565438\,(\bar{1}{,}7454993),$$
$$\delta E = -15''{,}3436265\,t - 0''{,}000000026612\,t^2.$$

Нептунъ и Сатурнъ.

$$\overline{[a^{VII}, a^{V}]} = -4''{,}8578300\,(0{,}6864423),$$
$$\overline{[a^{VII}, a^{V}]}_1 = -0''{,}8118894\,(\bar{1}{,}9094969),$$
$$\overline{[a^{VII}, a^{V}]}_2 = \quad 0''{,}7533433\,(\bar{1}{,}8769929),$$
$$\overline{[a^{VII}, a^{V}]}_3 = \quad 0''{,}7083968\,(\bar{1}{,}8502766),$$
$$\delta E = -4''{,}8596456\,t + 0''{,}000000107117\,t^2.$$

Нептунъ и Уранъ.

$$\overline{[a^{VII}, a^{VI}]} = -1''{,}3183973\,(0{,}1200465),$$
$$\overline{[a^{VII}, a^{VI}]}_1 = -2''{,}2227400\,(0{,}3468886),$$

$$\overline{[a^{VII}a^{VI}]}_2 = \quad 4''{,}3273969\,(0{,}6362268),$$
$$\overline{[a^{VII}a^{VI}]}_3 = \quad 2''{,}0415189\,(0{,}3099534),$$
$$\delta E = -1''{,}3231017\,t + 0''{,}000000101238\,t^2.$$

И такъ вообще

$$\delta E^{VII} = -21''{,}5263738\,t + 0''{,}000000181743\,t^2.$$

13. На возмущаемой орбитѣ средняя долгота планеты выражается чрезъ

$$\zeta = \int n dt + E.$$

Но какъ сперва Лапласъ, потомъ Лагранжъ и Пуассонъ доказали, что ни большія полуоси, ни среднія движенія планетъ не подлежатъ вѣковымъ возмущеніямъ; то въ выраженіе ζ вѣковыя неравенства могутъ входить только отъ такихъ же неравенствъ средней долготы E въ эпоху. Изъ предъидущихъ вычисленій видно, что эти послѣднія неравенства состоятъ изъ двухъ частей: одна изъ нихъ пропорціональна времени, другая же — его квадрату. Первая часть, присоединяясь къ среднему движенію на орбитѣ эллиптической, составляетъ однообразную часть средней долготы на орбитѣ возмущаемой. Несмотря на то, разность ихъ не принимается въ расчетъ, потому что она уже содержится въ среднемъ движеніи, опредѣляемомъ непосредственными наблюденіями надъ каждою планетою. Если же пожелаемъ изъ этихъ наблюденій вывести среднее движеніе на орбитѣ эллиптической; то должно ежегодно, начиная отъ 1800 г., придавать къ нимъ

для Земли..... 2″,50,
» Сатурна.....109″,70,
» Урана..... 41″,64,
» Нептуна..... 21″,52,
и отнимать для Юпитера... 7″,75.

Чтожъ касается до второй части, которая собственно считается вѣковымъ неравенствомъ, то вычисленія показываютъ, что она для всѣхъ планетъ весьма незначительна. Впрочемъ при нѣкоторыхъ космологическихъ вопросахъ не можетъ быть совершенно пренебрегаема: такъ въ 1000 лѣтъ для Земли она возрастаетъ до 2″, для Сатурна — до 3″, для Урана — до 1″.

VERGLEICHENDE GRUNDZÜGE

DER

GEOLOGIE DES KAUKASUS

WIE DER

ARMENISCHEN UND NORDPERSISCHEN GEBIRGE

VON

H. ABICH.

Nebst 8 *Tafeln.*

Gelesen den 28. Mai 1858.

Erster Abschnitt.

Les grandes lignes terminales des continents suivent en masse des direction rectilignes, déterminées par les chainons de montagnes, qui en forment l'ossature.

Elie de Beaumont.

In der Abhandlung über räumliche Anordnungen auf der Aussenseite des Erdballs und ihre Functionen im Entwickelungsgange der Geschichten[1]) hat Carl Ritter ein geographisches Problem dem Höhenpunkte einer philosophischen Auffassung zugeführt, wo dasselbe Gegenstand der Geologie wird.

Ritter erörtert das bestehende Verhältniss einer rhomboidalen Grundform in der centralasiatischen Plateauerhebung, an deren südlichen Rändern die höchsten bis jetzt bekannten Berg-Gipfel der Erde liegen[2]), und zeigt, dass dasselbe eine vergleichende Anwendung auf den Gesammtbau der Tafelländer findet, die sich innerhalb der von Ost nach West gerichteten Zone der continuirlichsten Massenerhebungen der alten Welt westlich von dem Alpengebirgslande des indischen Kaukasus aneinanderreihen.

Alle Glieder dieser grossen Zone von Plateauländern, die sich von den Hochflächen Thibets bis zum aegeischen Meere erstrecken, unter welchen das Tafelland von Iran eine mittlere Stellung einnimmt, besitzen nach beinahe gleichen Richtungen räumlich begränzte, unter sich ähnliche Formen. In den sämmtlichen rhomboidalen oder trapezoidalen Plateaugebieten von Persien, Armenien und Klein-Asien wie auch südlich von Dekan und Arabien, folgt die Achse ihrer bedeutendsten Massenanschwellungen stets nahe derselben Richtung von SW-NO., welche Al. v. Humboldt für Central-Asien zuerst[3]) nachgewiesen hat. Weniger beachtet als diese Verhältnisse, deren gemeinsame in der Physik des Erdinneren begründete Ursache entschieden in einer sehr frühen Periode der Erdentwickelung wirkte[4]), sind die Beziehungen eines sehr genäherten Parallelismus der Hauptrichtungen der Gebirgsketten in den genannten

1) Vorgetragen in der Academie der Wissenschaften am 1. April 1850.

2) Himalajah Journals; by J. D. Hooker. London 1854. T. 2., pag. 386. Ritter, Erdkunde v. Asien. T. I. p. 172.

3) Asie centrale. Tom I., pag. 7. 20. 56. Ritter, Erdkunde v. Asien T. I. p. 43 — 49.

4) Asie centrale Tom I., pag. 200. 265. 281.

Ländern mit den Rändern jener ursprünglichen Plateauformen[1]). Zahlreiche stratigraphische Untersuchungen, die sich auf möglichst genaue Messungen der Streichungslinien gründen, haben mir die Beweise gegeben, dass alle Störungen, welche der ursprüngliche horizontale Schichtenbau der kaukasischen und armenischen Gebirgs- und Tafelländer durch lineare Spaltungen, partielle Erhebungen und Einsenkungen von älteren geologischen Perioden an, bis zur Gegenwart erlitten hat, mit einer merkwürdigen Constanz der jedesmaligen Richtung derselben Gebirgssysteme gefolgt sind, welche die Gliederung und Gesetzmässigkeit in der localen Vertheilung der Gebirgsmassen Inner-Asiens bedingen und in ihren Wirkungen weit über die Ränder der centralen Plateauerhebung hinaus zu erkennen sind[2]).

Die Grundrichtungen auf welche sich alle jene Störungen im Kaukasus, Georgien, Armenien und Nord-Persien zurückführen lassen, sind die folgenden:

1. Erhebungen und Dislocationen von Ost nach West.
2. » » » von Südost nach Nordwest.
3. » » » von Südwest nach Nordost.
4. » » » von Nord nach Süd.

In dem Umstande des stetigen Zusammentretens und gegenseitigen Durchschneidens von Parallelerhebungen nach diesen Grundrichtungen möchte vorzüglich die Ursache so mancher auffallenden Symmetrie, in der physikalischen Gliederung weit von einander entfernter Regionen in jenen Ländern zu suchen und zu finden sein.

Auch die in der Regel sehr zusammengesetzte geologische Natur der Randgebirgsketten überhaupt, ist ein Resultat der Combination von mehreren gleichzeitigen oder auch chronologisch verschiedenen Erhebungen, welche ohnerachtet constanter Verschiedenheit ihrer respectiven Lage zum Meridian im gegenseitigen Zusammentritt eine bestimmte Hauptrichtung der Kette durchführen.

I. Erhebungen und Schichten-Störungen in der Richtung von Ost-West.

Alle Erhebungen und Dislocationen in diesem Sinne sind Parallelen:

1. Der Achse der ausgedehntesten Massenerhebung der alten Welt überhaupt[3]).
2. Der nördlichen Randgebirge der Stufenländer des centralasiatischen Plateau-Systems[4]).

---

[1]) Ritter. Erdkunde von Asien n. A. T. I., pag. 44. Elie de Beaumont. Notice sur les systèmes de montagnes Paris 1852. Tom. II., pag. 800.

[2]) Asie centrale. Tom. I. 282. Note I.

[3]) Elie de Beaumont. Notices sur les systéme de montagnes. I. pag. 1285. Asie centrale. Tom. I. 118. 128. 125. II. 117.

[4]) Asie centrale. I. 274, 342, 366. Fragments asiatiques pag. 68. Uebersetzung pag. 37. Note 1.

In Kaukasus wie in Armenien tritt die Richtung von Ost nach West in den mit Rücksicht auf die magnetische Declination durch die Bussole gesuchten Streichungslinien nur in den seltenern Fällen ganz rein hervor. Sie oscillirt vielmehr zwischen nördlichen und südlichen Abweichungen und würde bald auf das Erhebungssystem der östlichen Alpen O. 15° 25′ N.[1]) bald auf das des Tatra oder Haemus W. 7°25′ N. und O. 4°50′ N.[2]) bezogen werden können.

In ähnlicher Weise wie in Central-Asien die orographischen Verhältnisse vorzugsweise den zwei Hauptrichtungen O.-W. und SW.-NO. untergeordnet sind und die Gebirgsketten vorwalten, die von den Meridianen nahe rechtwinklich geschnitten werden, so tritt ein solches Vorherrschen latitudinaler Erhebungsrichtungen auch unverkennbar in dem particulären Verhalten grösserer und kleinerer Gebirgssysteme und Verzweigungen durchgreifend auf dem ganzen Isthmus zwischen dem kaspischen und schwarzen Meere hervor. — Das unabhängiger von dem Gesammtbau der asiatischen Plateauländer so gut wie selbstständig hervorgetretene System des kaukasischen Gebirges ist von diesem Gesetze nicht ausgenommen.

Wie die sehr beträchtlichen Ostwestzüge, die sich dem Hauptkamme des Kaukasus auf der Südseite im spitzen Winkel anschliessen, dem Gebirge seine ausgezeichneten Längenthäler von Gross- und Klein-Suanien wie von Radscha verleihen, so bedingen zahlreiche Parallelerhebungen in derselben Richtung auf der Nordseite wesentliche Züge in der Orographie der Elburuz-Umgebung und der sämmtlichen, aus Flötzkalk bestehenden Vorketten des Gebirges, ganz vorzüglich aber in der so überaus eigenthümlichen Gliederung des sogenannten Andischen Gebirges wie des Dagestanischen Berglandes.

Auch im Süden und Westen der breiten Thalebenen des Rion und Kur zeigt sich das Vorherrschen latitudinaler Erhebungen der georgischen und armenischen Gebirge zunächst in den Karthli Imerethinischen Granitwölbungen[3]) den achalzikimeretinischen, den trialetischen und somketischen Ketten, in den Gebirgszügen des Ljalwar, des Besobdal, des Pambak, wie des Kondur-Dagh und Murow-Dagh im Osten des Goktschai See's. —

In gleichem Verhältniss des Parallelismus mit der taurischen, Klein-Asiens Gestaltung bedingenden Massenerhebung befinden sich die Höhenzüge, durch welche in den Breiten des Ararat, des Tanturek und Parly-Dagh, wie in denen des Sabalan bei Ardebil und des Sehänd bei Tebriz bedeutende Centralpunkte erloschener vulkanischer Thätigkeit in das bedeutsame Verhältniss linearer Gruppirung längs der Ränder der Plateaustufen treten.

Durch die geodaetischen Operationen, welche in den Jahren 1848 bis 1853 auf Allerhöchsten Befehl unter Leitung des Herrn Generalmajor Chodzko in Grusien ausgeführt worden, sind die Elemente für Rechnungen erhalten, welche für die in dem Vorstehenden beispielsweise hervorgehobenen Gebirgs-Erhebungsrichtungen scharfe numerische Ausdrücke zulassen.

Die verschiedenen Richtungs-Elemente, welche bei Untersuchung eines Gebirgszuges

---

1) Elie de Beaumont l. c. Tom III. pag. 1113. Das System der Ost-Alpen auf Tiflis (lat. 42°1′40′ long. 62°30′16″ östlich von Paris) berechnet, ist O. 11°1′53″ S. orientirt. Tom. II. pag. 577.

2) Elie de Beaumont l. c. Tom II. 485. und 487.

3) Bulletin de l'Academie des Sciences de St.-Pétersbourg. Tom IX., pag. 30.

streng unterschieden werden müssen, sind nach A. v. Humboldt's Vorgange:

α. Die Längenachse der ganzen Kette oder die Erhebung in Form eines Kammes.

β. Die Linie, welche die culminirenden Höhenpunkte der Kette verbindet, *ligne de faîte.*

γ. Die Linie, welche die Achse der stattgehabten Schichtenaufrichtungen und Dislocationen überhaupt angiebt.

δ. Die Linie, welche die Wasserscheide bildet.

ε. Die Linie, welche im horizontalen Querschnitt des Gebirges die Gränze zweier benachbarten Formationen bezeichnet.

Die folgenden Untersuchungen mit Angabe geodaetischer Linien, welche Gebirgserhebungen ausdrücken, beziehen sich alle auf das Directionselement β.. die *ligne de faîte.* Die Bestimmung dieser Linien beruht auf der Auflösung sphärischer Dreiecke *a. b. c.*, deren Scheitelwinkel C., in der geographischen Längendifferenz geographisch orientirter Gipfelpunkte, die Seiten *a.* und *b.* aber durch die Polhöhen der letzteren gegeben sind. Zur besseren Uebersicht sind die Werthe der beiden gefundenen Winkel, unter welchen die gesuchte Richtungslinie *c.* die Meridiane *a.* und *b.* schneidet, den entsprechenden Orts-Positionen zur Seite gestellt. B' giebt den äusseren Winkel am östlichen Meridian *a.* und A. den inneren Winkel am westlichen Meridian *b.* Dem Ausdrucke der Richtungslinie *c.*, deren Länge in geographischen Meilen ausgedrückt ist, liegt das arithmetische Mittel der Winkelwerthe B' und A zum Grunde.

Die absolute Erhebung der Gipfelpunkte in A und B' ist in englischen Fussen angegeben. Die geographische Lage ist in allen Fällen östlich von Ferro gerechnet.

a. Latitudinale Erhebungszüge im eigentlichen Kaukasus.

Da der Kaukasus als Kettengebirge mit auffallend gebogener Kammlinie eine zum Theil transversale, in seiner mittleren Kammregion aber parallele und zwar diagonale Gliederung besitzt[1]), indem zwei verschiedene Erhebungsachsen die Hauptrichtung unter spitzem Winkel schneiden, so kann ein durchgehender Parallelismus der so eben angeführten Richtungselemente, wie er z. B. für α. γ. und ε. nach Palassou in den Pyrenäen stattfindet[2]), im Kaukasus nicht erwartet werden.

In den einzelnen homologen Gliedern der Central-Kette dagegen befinden sich die partiellen Linien α. und β. bisweilen im Parallelismus, an welchen die Linie γ. indess keinen scharfen Antheil nimmt. Sehr bestimmt erscheint dagegen der Parallelismus zwischen α. und β. mitunter auch γ. und ε. in vielen Nebenzonen des Kaukasus, zumal wenn dieselben was häufig ist den Charakter von Gewölbketten[3]) besitzen.

Innerhalb der kaukasischen Kammregion sind die geographischen Orientirungen der Schiefergipfel:

---

1) Naumann, Lehrbuch der Geologie. T. I. pag. 347.

2) Asie centrale T. I. pag. 278 — 279.

3) Studer, physical. Geographie. pag. 211.

Kriu-Choch. 42° 52′ 27″ lat. 61° 54′ 32″ long. $B' = 100° 57′ 40″$ absol. H. 11180 engl. F.
Kion-Choch. 42° 55′ 1″ - 61° 36′ 16″ - $A = 100° 45′ 14″$ - - 11250 -

maassgebend für die partielle Richtung des Nebenkammes[1]). Westlich vom Trachytgipfel des nahen Kazbek besitzt dieser Nebenkamm auf 3,4 geogr. Meilen Länge, eine Richtung von O. 10° 51′ 27″ S. Dagegen streichen die thonigkalkigen Schieferschichten, welche in dieser ganzen Erstreckung steil gegen N. einfallen O. 8 — 9° S. Genau in gleicher Richtung durchsetzen mächtige und zahlreiche Diorit-Gänge die granitischen Gesteine der krystallinischen Zone des Kaukasus in der Enge des Terekthales bei Dariel. Auch für die Hauptrichtung des krystallinischen Schiefer- und Massen-Gebirges und seiner Schichtendislocationen, welches die Basis des Elburuz bildet[2]) wie für die gletscherreiche Kammregion im Süden jenes isolirt emporragenden Kegels hat sich aus meinen zahlreichen bis zu den Kubanquellen ausgedehnten Messungen hora 6 — 7 ergeben.

Eine Linie, welche als Diagonale der beiden benachbarten Kesselthäler des Terek und Naridon Quellen-Gebietes für die mittlere Richtung der Kammregion des Kaukasus westlich vom Meridian des Kazbek einen maassgebenden Werth besitzt, wird geodaetisch fixirt, durch die Lage:

des Kazbek = 42° 41′ 56″ lat. 62° 10′ 55″ long. $B' = 111° 34′ 33″$ absol. H. 16553 e. F.
des Adai-Choch = 42° 46′ 37″ - 61° 28′ 8″ - $A = 111° 5′ 31″$ - - 12250 -

Demnach ist diese Linie auf 8,44 geogr. M. von O. 21° 20′ 2″ S. orientirt. Der aus dem Vorhergehenden resultirende Nichtparallelismus der Richtungselemente α. β. und γ. der hier in Betrachtung gezogenen Glieder der kaukasischen Kammregion geht indessen keinesweges auf die westlich vom Meridian des Kazbek eintretende Gliederung der Südseite des Gebirges über, in welcher Längenthalbildung vorherrscht.

In den Vorketten oder Nebenzonon, welche dieser Südseite des Gebirges angehören, wird der Parallelismus zwischen α. β. und γ. sehr häufig, denn die Kammlinien dieser Vorketten fallen in der Regel mit der Achse der Dislocationen zusammen, welche das secundäre Schiefergebirge vielfachen Messungen der Streichungslinien zu Folge in der Richtung hora 6—7 erlitten hat. Unter den südlich vom kaukasischen Hauptkamm geodaetisch bestimmten Gipfelpunkten sind die folgenden zur genauen Ermittelung jener Erhebungsrichtung von besonderem Werthe:

1. der Golawdur 42° 26′ 5″ lat. 61° 59′ 7″ long. $B' = 92° 19′ 17″$ absol. H. 10610 e. F.
2. der Germych 42° 26′ 24″ - 61° 47′ 48″ - 10490 -
3. der Syrch-Laberta 42° 27′ 41″ - 61° 18′ 56″ - $A = 92° 52′ 13″$ - - 9445 -

Die beiden ersten Berge sind als die culminirenden Höhenpunkte der im hohen Grade dislocir en Gebirgsmassen der stockartig gegliederten Schiefer- und Sandsteinkette zu bezeichnen, welche die Flussgebiete der kleinen und grossen Liachwa, wie die Gauen Maghran-Dwalethi und Djamur von einander scheidet.

1) Bulletin de la classe. physic.-mathém. l. c. T. VI. pag. 227.
2) Zeitschrift für allgemeine Erdkunde. 1853. Tom I. pag. 247. Taf. V.

Als Eruptionspunkte colossaler Lavaströme, die sich weit in die oberen Liachwathäler und das Kymasthal hinab erstrecken, bezeichnen jene Gipfel die westlichen Ausläufer der vulkanischen Spaltung, auf welcher parallel mit dem Durchbruch des Kazbek und benachbarter Trachytkegel in der nördlichen Vorkette die grosse Reihe von Vulkanen emporstieg, die das langgedehnte an Eruptionskegeln und Kraterseen reiche Hochland von Qeli oder Gudowi durchziehen, und in den rothen Bergen nördlich von Kaschaur auf die linke Araguaseite nach Mthiouleth übergehend auch in die oberen Thalstufen dieses Flussgebietes Lava-Massen von enormer Mächtigkeit ergossen haben. Der Syrch-Laberta bezeichnet westlich vom Meskischen Gebirge einen vorzüglich hervorragenden Gipfelpunkt in der langen Kette von Labrador und Oligoklasporphyr Erhebungen, welche das Kreidegebirge durchbrechen und eine lange den Schieferkämmen beider Suanien parallel laufende Reihe von alpinen Kalkerhebungen bedingen, in welchen der Charakter der einseitigen Gewölbketten vorherrscht. Die Normalrichtung dieser durch ihre ausserordentlichen vulkanisch-eruptiven Phänomene besonders merkwürdigen Erhebung, wird befriedigend durch die Linie dargestellt, welche den Golawdur auf der Höhe des Querjoches zwischen Maghran-Dwaleti und Qeli mit dem Syrch-Laberta verbindet. Die Richtung dieser Linie ist nach obigen Elementen berechnet, für eine Länge von 7.41. geogr. M. O. 2°35′45″ S. Die Verbindungslinie zwischen dem Golawdur und Germych besitzt eine Länge von 2. 09. geogr. Meilen und hat die Richtung O. 2°13′55″ S.

b. Latitudinale Erhebungszüge in den georgisch-armenischen Gebirgen.

Die Molassenketten, welche auf dem linken Kura-Ufer von Gori bis zum Thale der Jora sich genau von O-W. erstrecken, bestehen im Meridian von Tiflis aus einseitigen, steil gegen Süden abfallenden Gewölbketten. In ihren oberen Theilen sind dieselben aus kalkig sandigen, mitunter Braunkohlen einschliessenden Schichten und sehr mächtigen Conglomerat- und Puddingsteinmassen zusammengesetzt, die ein ostwestliches Streichen besitzen und in übergreifender Lagerung steil von SO. nach NW. aufgerichtete Kalk- und Sandstein-Schichten aus der Miocenen-Periode mit *Mactra ponderosa* und *Venus gregaria* bedecken. Im rechten Winkel auf die Längenachse durchschneidet die Aragua diese, den nördlichen Horizont von Tiflis begränzenden Ketten, deren Richtung bis zur Jora durch die Höhen von:

Gorobani 41°52′10″ lat. 62°20′45″ long. $B' = 94°\ 2'42''$ absol. H. 3180 e. F. an der Aragua,
Yalno 41°50′46″ - 62°48′23″ - $A = 93°44'16''$ - - 6020 - an der Yora

bestimmt ist. Die Verbindungslinie beider Punkte ist mit 5, 80 geogr. M. O. 3°53′29″ S. orientirt.

In den achalzikimeretinischen, den trialetischen und somketischen Eruptionsketten, an deren Bau die Senonbildungen der oberen Kreideformation nur einen untergeordneten, die Schichten der Nummulitengruppe aber überwiegenden Antheil nehmen, ist der Parallelismus

zwischen den ostwestlichen Richtungselementen α. und β. als Regel ausgedrückt. Die Linie ε. theilt diesen Parallelismus nur in der Kammregion der Ketten und weicht auch da noch bisweilen nach den sehr bestimmt im inneren Baue des Gebirges hervortretenden Nebenrichtungen von NW. nach SO. und von SW. nach NO. ab.

In der Kettenzone des achalzikimeretinischen Gränzgebirges dessen mitunter in scharfe Grate auslaufende Kammlinie tiefe circusartige Querthäler von einander scheidet und gegen Westen sich durch Längenthalbildung auflöst, orientiren die Gipfelpunkte:

Nageba 41°50′11″ lat. 60°34′36″ long. $B' = 91°57'53''$ absol. H. 8559 e. F.
Metizchari 41°50′33″ - 60°19′37″ - $A = 91°47'53''$ - - 9350 -

die mittlere Richtung der bis zum Meere fortsetzenden Gebirgsachse für eine kurze Entfernung von 2 79. geogr. M. O. 1°52′53″ S.

Die Richtung der trialetischen Kettenzone, welche die natürliche Fortsetzung des vorgenannten Gebirges gegen Osten bildet, ist auf Grundlage der durch eine scharfe und gradlinige Kammlinie mit einander verbundenen Gipfelpunkte:

Tioneti 41°44′50″ lat. 62° 7′58″ long. $B' = 90°22'42''$ absol. H. 6110 engl. F.
Ardjewan 41°44′45″ - 61°36′53″ - $A = 90° 2' 0$ - - 8810 -

für eine Längenausdehnung von 5,80. geogr. Meilen O. 0°12′21″ S. orientirt.

Durch die Verbindung der Signalpunkte auf dem Taginauri 41°47′90″ lat. 59°52′26″ long. 8760 e. F. südlich von Ossurgheti (Winkel $A = 90°33'57''$) und bei Tioneti in westlicher Nähe von Tiflis (Winkel $B' = 92°3'54''$), wird die mittlere Richtung dieser aus den beiden genannten Kettenzonen zusammengesetzten südlichen Erhebungsparallele der bereits in Erwägung gezogenen kaukasischen Vorketten mit einer Längenausdehnung von 25. 28 M. zu O. 1°18′55″ S. bestimmt.

Die Hauptachse des somketischen Massengebirges, in seiner gesammten orographischen Gliederung, seinen Structurverhältnissen wie in seinen parallelen Gangbildungen als ein System von Ostwesterhebungen des Kreide- und Nummuliten-Gebirges bezeichnet, trifft genau mit einer Linie zusammen welche die Gipfel der an Kupfererzen besonders reichen hemisphärischen Centralerhebung:

des Ljalwar 41°9′16″ lat. 62°14′37″ long. $B' = 88°20'22''$ absol. H. = 8420 e. F.
und des Utsch-Täpälar 41°7′30″ - 61° 8′ 15″ - $A = 87°36'43''$ - - = 9790 -

der letztere ein vulkanischer Gipfel am Tschyldirsee, verbindet. Das arithmethische Mittel aus B' und A, giebt die Richtung O. 2°1′28″ N. und c. die Länge der Linie zu 12.50 g. M.

Für die Lage der Achsenlinie des, aus Zonen mit Centralmassen [1]) zusammengesetzten vorzugsweise krystallinischen Pambak-Gebirges, in welchem die Linien α. u. β. sich nahe parallel verhalten, sind im Norden und Nordwesten des Goktschai-See maassgebend:

Der Murguz-Dagh 40°43′10″ lat. 62°55′17″ long. $B' = 86°32'17''$ absol. H = 9980 e. F.
Der Tech-Achmet 40°41′18″ - 62°16′54″ - $A = 86° 7' 15''$ - - = 10230 -

1) Studer, physik. Geographie Tom. II, p. 230.

Die Richtung der, beide Berggipfel verbindenden Linie von 7.29 M. Länge ist diesen Elementen zu Folge O. 3° 40′ 14″ S.

Der Murguz-Dagh ist indessen keinesweges als ein integrirender Theil der Pambakkette in Anspruch zu nehmen, von welcher er durch das tiefe Akstafathal getrennt bleibt. Es erhebt sich dieser Gipfelpunkt in der Mitte des nördlichen Astes einer Bifurcation, die vom Schach-Dagh im eigentlichen Randgebirge des Goktschai seebeckens ausläuft und entspricht dem Punkte, wo die östlich verlängerte Achse des Pambak die mittlere Directionslinie des nordwestlich orientirten Theiles des Goktschaigebirges im stumpfen Winkel schneidet. Dieses aus gleichen Directionselementen wie der Kaukasus zusammengesetzte Gebirge gestaltet sich östlich vom Meridian von Elisabethpol als sehr hohe latitudinale Kette, deren Gipfel sich erst spät im Jahre vom Schnee entblössen. Die mittlere Achse dieser Kette durch die Lage:

des Murow-Dagh 40° 16′ 49″ lat. 64° 0′23″ long. $B' = 95° 41′ 18″$ absol. H. = 12290 e. F.
Kundur-Dagh 40° 18′ 33″ - 63°37′ 3″ - $A = 95° 26′ 13″$ - - = 11080 —

bestimmt, erhält demgemäss auf eine Länge von 4.47 geogr. M. den Ausdruck der Richtung O. 5° 33′ 45″ S.

Ein dem vorhergehenden paralleler und von demselben um 23 Minuten gegen Süden entfernter, von einer Achse krystallinischer Gesteine durchsetzter Gebirgszug aus Conglomeraten, Sandsteinen und Mergeln einer Trümmerporphyrformation gebildet, welche von Kreidekalken bedeckt werden, folgt zwischen den Quarzporphyrsystemen

des Mychtiukan 39° 53′ 20″ lat. 63° 45′ 44″ long. $B' = 95° 42′ 18″$ absol. H. = 11880 e. F.
des Kyrch-Kiss 39° 53′ 29″ - 64° 10′ 27″ - $A = 95° 26′ 27″$ - - = 9350 -

genau derselben Achsenrichtung wie die vorhergehende Erhebung d. h. O. 5° 35′ 27″ F. Die Länge dieser Linie *c.* ist 4,76 geogr. M.

In weiterer östlicher Verlängerung nimmt derselbe Gebirgszug eine etwas vermehrte Neigung gegen Norden an und bildet einen Theil des von colossalen vulkanischen Eruptivsystemen besetzten Südrandes des Goktschaiseebeckens:

der Mychtiukan 39° 55′ 20″ lat. 63° 45′ 44″ long. B' 102° 6′19″ absol. H. = 11880 e. F.
der Goesel-Dara 40° 0′ 46″ - 63° 12′ 10″ - A 101° 44′ 45″ - - = 11710 -

geben für diesen Theil der südlichen vulkanischen Seeumwallung eine Ausdehnung von 11,32 geogr. Meilen und eine Richtung von O. 11° 55′ 32″ S.

Für diejenigen Höhenzüge, welche im russischen Armenien und in Azerbeidjan längs der Ränder ausgedehnter Plateaustufen der Achsenrichtung des Taurus entsprechen, beruht die geodaetische Orientirung auf analogen Elementen. Der geographischen Lage:

des Ararat 39° 42′ 11″ lat. 61° 57′ 43″ long. $B' = 94° 41′ 21″$ absol. H. = 16940 e. F.
des Sor-Dagh[1]) 39° 43′ 28″ - 61° 36′ 53″ - $A = 94° 28′ 3″$ - - = 10660 -

zu Folge besitzt die beide Gipfel und zwischen denselben noch die einiger andern vulkanischen Systeme verbindende Linie *c.* eine Länge von 4,80 geogr. M. Die Richtung dieser Linie ist demnach O. 4° 34′ 41″ S.

1) Ritters Erdkunde T, X, p. 345, 355.

In *nördlicher* Entfernung vom Ararat von 0° 14′ wird die Achsenrichtung der Wasserscheide zwischen dem Ararat und dem Muradtschai oder Euphrat durch die Verbindungslinie zwischen dem Parly-Dagh 39° 56′ 19″ lat. 61° 4′ 5″ long. $B' = 86° 11' 20''$ absol. H. = 10670 e. F. und Köse-Dagh 39° 53′ 50″ - 60° 18′ 25″ - $A = 85° 42' 0''$ - - = 11294 - bestimmt.

Der Parly-Dagh überragt südwestlich vom Salzberge bei Kulpi den Syenitkegel des Takjaltu als umfangreiches Eruptionscentrum eines wahren vulkanischen Bergknotens, der das, mit dem Namen Sinak [1]) bezeichnete sumpf- und quellenreiche Plateaugebiet begreift, dessen Hochterrassen sich dem Muradthale zuneigen und dessen Südrande der Alpensee Balyg-Goell [2]) eingesenkt ist. Die enormen Eruptionen basaltischer Laven, welche das undulirende Plateau des Sinak mit Hügeln bedeckten, Thalweitungen 3 bis 400 Fuss mit abwechselnden Laven und Schlackenschichten ausfüllten und über meilenweite dem Araxesthale zugewendete Räume geschmolzene Gesteinslager ausbreiteten, nahmen ihren Ursprung theils aus dem Innern des weiten von hohen Bergkuppen amphiteatralisch umringten Kraters des Parly-Dagh, theils aus radienartig von dem Mittelpunkt des Systems ausgehenden Spaltungen.

Der Köse-Dagh oder Kusseh-Dagh (d. h. Berg ohne Bart — also waldloser Kegel), bildet im Paschalik Bajazed nördlich von Toprach-Kaleh mit seiner dem Ararat vergleichbaren regelmässigen Domgestalt den höchsten Punkt der erhabenen Wasserscheide welche die Gauen Alashgerd und Pasin von einander scheidet [3]).

Wichtige Höhenpunkte auf dieser Wasserscheide bilden ferner noch in geringer nordwestlicher Entfernung vom Parly-Dagh die beiden Gipfel des Doppelsystems Agri-Dagh [4])

der östliche Gipfel 40° 2′ 13″ lat. 60° 55′ 39″ long. = 9051 engl. F.
der westliche Gipfel 40° 1′ 35″ - 60° 51′ 45″ - = 9184 - -

Den obigen Elementen zu Folge ist die geodaetische Linie zwischen Parly-Dagh und Köse-Dagh auf eine Länge von 8,78 geogr. M. O. 5° 56′ 40″ N. orientirt.

In *südlicher* Entfernung vom Ararat 0° 20′ 45″ ergiebt sich die Richtung des nördlichen Randes der Hochebene, deren Mitte der Vansee einnimmt aus den geographischen Orientirungen

des Tantureck 39° 21′ 26″ lat. 61° 32′ 14″ long. $B' = 97° 23' 41''$ absol. H.
des Ala-Dagh 39° 24′ 33″ - 61° 0′ 26″ - $A = 97° 3' 30''$ - - 10218 e. F.

Der Tanturek oder Tendürlü der Armenier bezeichnet ein durch seine Lage, seinen Umfang und regelmässigen Bau gleich ausgezeichnetes vulkanisches Eruptivsystem, welches vom Gipfel des kleinen Ararat gegen Südwest vollständig überblickt wird. Von dort erscheint dasselbe als flaches Gewölbe mit einer Anzahl auf demselben symmetrisch vertheilter Kegel. In der Mitte von konischen Erhebungen, die den Scheitelpunkt der Wölbung bezeichnen, soll sich den Aussagen armenischer Bewohner von Bayazid und Van zu Folge ein Kratersee mit heissem Wasser befinden, von dem behauptet wird dass er jedes Mal wenn in Khoi Erdbeben

1) Dubois voy. autour du Caucase T. III, p. 454 u. 457. Ritters Erdkunde T. X, p. 379, 383, 476.
2) Ritters Erdkunde T. X, p. 339.
3) Ritters Erdkunde T. X, p. 655. Jaubert voy. I, p. 18.
4) Ritters Erdkunde T. X, p. 345.

gespürt werden Dämpfe entwickelt die von Van und Bayazid aus wahr zu nehmen sind. Die Eruptionen doleritischer Laven von grosser Frische der Erscheinung, haben ihre Wirkungen im ausserordentlich grossen Maasstabe in nördlicher Richtung bis in die Nähe von Bayazid verbreitet, wo sie mit den Laven von völlig gleicher Natur, die von Lateraleruptionen des grossen Ararat ausgingen, in Berührung treten. Gegen Süden sind die Laven des Tanturek zur Depression des Vansee's bis über die Hälfte der Entfernung vom Gipfel des Vulkan zum Seeufer hinabgeströmt

Der Ala-Dagh [1]) ist das mehrfach gegipfelte trachytische Massengebirge südwestlich von Dyadin, von dem gleichfalls mächtige Eruptivwirkungen aus zahlreichen Central- und Lateral-Kegeln ausgingen. Der Muradtschai umströmt dieses Gebirge wie den dem letzteren westlich anliegenden Ertisch-Dagh in weitem Bogen und wendet sich dann südlich. Der Hochrücken, welcher den Tanturek und Ala-Dagh verbindet und die Wasserscheide zwischen dem Vanseebecken und dem Araxes bedingt, hat eine Länge von 6,2 geogr. M. und verfolgt eine der vorerwähnten Wssserscheide zwischen dem Muradtschai und Araxes nahe parallele Richtung von O. 7° 13′ 35″ S.

In südlicher Entfernung von 0° 53′ 39″ vom Ararat geben die auf der rechten Seite des Araxes in Azerbeidjan geodaetisch bestimmten Trachytgipfel

des Geschtasar 38° 49′ 27″ lat. 64° 53′ 9″ long. B' = 94° 51′ 11″ absol. H. = 10310 e. F.
des Kamku-Dagh[2]) 38° 47′ 14″ lat. 63° 31′ 13″ - A = 93° 5′ 28″ - - = 9670 -

die Mittel um die genaue Richtung der Osthälfte des latitudinalen Gebirgszuges des Buguscb-Dagh festzustellen. Die Achse dieses Gebirges ist diesen Elementen zu Folge auf eine Länge von 7,41 geogr. M. O. 3° 58′ 19″ N. orientirt.

Dieselbe Richtung, wenn sie nach einem gleichfalls trigonometrisch bestimmten Zwischenpunkte dem Saïgrala 38° 48′ 24″ lat. 64° 37′ 15 long. und dem Geschtasar berechnet wird, erhält für eine Länge von 3,11 Meilen den Ausdruck O. 4° 53′ 39″ N.

Für die Ermittlung der mittleren Achse des um 28 Minuten weiter gegen Süden gelegenen Kaschka-Dagh sind die Gipfelpunkte

des Sabalan[3]) 38° 16′ 9″ lat. 65° 30′ 3″ long. B' = 98° 8′ 57″ absol. H. = 15000 e. F.
des Kaschka-Dagh[4]) 38° 20′ 32″ - 64° 49′ 58″ - A = 97° 44′ 7″ - - = 10310 -

massgebend. Auf eine Länge von 7,94 Meilen ist die Richtung des Kaschka-Dagh O. 7° 56′ 32″ S.

Den vorstehenden Orientationen zu Folge tritt nun im Westen der turanischen Niederung die Grundrichtung des ganzen Systems der centralasiatischen latitudinalen Ketten, des Hindu-Kuh des Kuenlun und des Thianschan wieder in unverkennbare Wirksamkeit und deutet auf eine, dem Begriffe des Parallels von Rhodos oder des Diaphragma des Dicaearch und Eratosthenes entsprechende Continuität in der Achse der grossen, die gesammte alte Welt durchsetzenden latitudinalen Massenerhebung[5]). Dieselbe Richtung ist es aber, welche noch weiter gegen Westen

1) Ritters Erdkunde T. X, p. 79, 82, 335.
2) Melanges physiques et chimiques T. II, pag. 361.
3) Bulletin physico-mathem. T. XVI, № 22, p. 344. Ritters Erdkunde T. IX, p. 801. 802.
4) Bulletin phisico-mathem. T. XVI, Nr. 22, pag. 346.
5) Asie centrale T. I, p. 118 - 127.

mit der ganzen Stärke an dieselbe geknüpfter intensiver vulkanischer Manifestation als die Achse des südeuropäischen Vulkan-Gürtels fortwirkt, das Mittelmeer in seiner Länge durchzieht[1]), den griechischen Archipel, so wie den Inbegriff der vulkanischen Bildungen Unteritaliens und Sardiniens einschliesst und die Centralpunkte der Haupterschüttrungskreise Klein-Asiens und des südlichen Europas in sich aufnimmt, auch im atlantischen Meere die Gruppe der Azoren trifft. Nicht unwichtig ist es im Sinne dieser Auffassungen, dass die Parallele der grössesten Erhabenheiten, welche die mexicanische Erdenge von O.-W. von einem Meere zum andern durchschneidet, zugleich vulkanische Achse zwischen 18° 19′ u. 19° 12′ lat. sept. ist[2]).

So erscheint denn die Thatsache, dass durchgreifende Dislocationen und Gebirgserhebungen, wie im Kaukasus geognostisch zu beweisen ist, wiederholt in mehreren auf einander foldengen geologischen Perioden oder Intervallen in der Richtung von O.-W. fortgewirkt haben, an dieselben Ursachen geknüpft, welche entschieden in einer sehr frühen Periode der Entwikkelungsgeschichte der Erdoberfläche die Emporhebung grosser Theile der Erdrinde mit plateauartigen unter sich ähnlichen Grundformen bedingte und durch gleichzeitige lineare Aneinanderreihung derselben zu der grossen Breitenausdehnung der alten Welt in ostwestlicher Richtung den Grund legte.

II. Erhebungen und Dislocationen von Südost nach Nordwest.

Sie bedingen die Direction der westlichen Randgebirge der Plateaus von Ost-Asien und Persien. Die Hauptrichtung der Himalajah-Erhebung östlich vom Meridian des Bolor ist nach Newbolds Untersuchungen W. 26° N.[3]).

Von der so eben berührten Vorstellung ausgehend, dass die erste Bildung des asiatischen Continents mit gleichzeitiger Emporhebung unter sich ähnlicher Plateau-Massen in latitudinaler Richtung begann, erhält die Erhebungsrichtung von SO.-NW. die tiefere Bedeutung einer ursprünglich und nothwendig mit der ersteren gegebenen.

Ist die successive Bildung von Gebirgsketten, die den Rändern jener Plateau-Massen parallel laufen, als eine Folge gleichartiger in unbestimmten Intervallen sich wiederholender plutonischer Spalten-Reactionen zu betrachten, so darf Verschiedenheit in der Richtung sich schaarender Gebirgssysteme die Vorstellung des Synchronismus durchaus nicht ausschliessen. — Wie der Himalajah unter dem 90-ten Grade der Länge in seinem Zusammentritte mit dem meridionalen Bolor und den Ostwest-Parallelen des südlichen und nördlichen Hindu-Kuh, welche seit den ältesten Zeiten indischer Kaukasus und Paropamisus genannt worden sind[4]), den mächtigen Bergknoten mit dem Plateau von Pamir im Norden bedingt[5]) so treten 30° weiter gegen

1) Asie centrale T. II, p. 117. Elie de Beaumont l. c. p. 1293, T. III.
2) Elie de Beaumont l. c. p. 717, T II.
3) Journal l'Institut T. XI, p. 191 u. 493.
4) Asie centrale T. II, p. 431.
5) Asie centrale T. II, p. 389.

Westen die Gebirgsparallelen des Zagrossystems mit denen des kleinasiatischen Taurus zur Bildung des grossen Gebirgsknotens zusammen, der das kurdistanische Bergland begreift und dessen nördliche Vorstufe die bassinartige Einsenkung des Vansee einnimmt.

In der räumlichen Anordnung unter gleichem Winkel sich durchkreuzender gleichnamiger Randgebirge zeigt sich hier an den Südrändern von Klein-Asien und Central-Asien durch ein und dasselbe Gesetz bedingte Analogie. — Speciell tritt dieselbe in den topischen Beziehungen der erhobenen Massen zu den südöstlich sich anschliessenden Tiefländern des Euphrat und Tigris, wie des Indus hervor. — Das Vorherrschen der Zagros-Himalajahrichtung in der nördlichen Hälfte der Elbruzketten vom Demavend bis zum Ag-Dagh östlich von Miana schliesst das Mitwirken der Ostwesterhebungen nicht aus, die vom Demavend an gegen Osten in Khorassan dasselbe Uebergewicht zu besitzen scheinen, welches auch in Azerbeidjan vorzugsweise orographisch gestaltend wirkt [1]).

Nördlich vom Sabalan und den Kara-Daghketten wird jenseits des Araxes die Zagros-Himalajah-Richtung wieder herrschend und bestimmt in ihrem Parallelismus mit der Hauptachse des nördlich vorliegenden, eine eben so reiche als eigenthümliche orographische Gliederung entfaltenden Kaukasus vorzüglich das Gerüst der Gebirgssysteme im russischen Armenien, deren Ganzes die alten Landesgeographen auch wohl unteren Kaukasus genannt haben. Die Uebereinstimmung der Biegungen in den Flussläufen des Araxes, des Kur und Zefid-Rud, wie der Parallelismus ihrer Längendirection mit den Erhebungsachsen der Zagrosketten, und des Kaukasus erhalten als Functionen des aus dem Vorhergehenden resultirenden einfachen Grundgesetzes in der Anordnung zweier im constanten Winkel sich durchschneidender Erhebungs-Normalen eine befriedigende Deutung.

a. Erhebungen von SO.-NW. im Kaukasus.

Die Kenntniss geodaetisch bestimmter Höhenpunkte innerhalb der Kammregion des Kaukasus war bisher nur auf drei, den Elburuz den Kazbek und einen zwischen beiden befindlichen Punkt beschränckt gewesen, der unter der Benennung Anonymus in dem Werke der Herren Fuss, Sawitsch und Sabler aufgeführt wird [2]). Durch die bereits erwähnte Triangulation ist die Zahl jener Punkte innerhalb der Kammlinie um sechs vermehrt worden. Zwei dieser Gipfel, der Krion-Choch und Kriu-Choch liegen nordwestlich vom Kazbek. Die vier anderen, der Basardys, Baba-Dagh, Dybrar und Gadi reihen sich auf der südöstlichen Hälfte des kaukasischen Gebirgskammes im Osten des Meridian vom Schach-Dagh in nahe gleichen Intervallen aneinander.

Die Reihenfolge der Kaukasus-Gipfel vom Elburuz an, in südöstlicher Richtnng ist:

1. Elburuz	43° 21′ 16″ lat.	66° 6′ 6″ long.	18453 engl. F.
2. Anonymus	43° 3′ 14″ -	60° 52′ 20″ -	16939 —
3. Kion-Choch	42° 55′ 1″ -	61° 36′ 16″ -	11250 —

1) Bulletin physico-math. Tom XVI, Nr. 22, pag. 347.
2) Messungen zur Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen dem schwarzen und kaspischen Meere von G. Fuss, Sawitsch und Sabler. 1836 und 1837, pag. XVII.

4. Kriu-Choch 42° 52′ 27″ lat. 61° 54′ 32″ long. 11180 engl. F.
5. Kazbek 42° 41′ 56″ - 62° 10′ 55″ - 16553 —
6. Basardys 41° 13′ 19″ - 65° 31′ 24″ - 14700 —
7. Baba-Dagh 41° 1′ 16″ - 65° 55′ 3″ - 11900 —
8. Dybrar 40° 53′ 39″ - 66° 29′ 49″ - 7230 —
9. Gadi 40° 47′ 15″ - 66° 51′ 39″ -

Werden diese Positionen in 3 Gruppen gesondert und wird für eine jede derselben die Richtung des aliquoten Theils der Kammregion berechnet, den die Gruppe einnimmt, so findet sich die geodaetische Lage ihrer respectiven Achsen wie folgt:

1 : 5 nach B' 114° 1′28″ und A = 112°36′16″ = O. 23°18′52″ S. $c.$ = 24,84 geogr. M.
5 : 6 - B' 124°42′ 7″ - A = 122°13′ 0″ = O. 33°27′33″ S. - = 40,17 —
6 : 9 - B' 116°50′27″ - A = 115°49′54″ = O. 26°20′10″ S. - = 14,69 —

Das arithmetische Mittel aus diesen 3 Haupttheilen der Kammregion giebt für die mittlere Richtung der Linie, welche die culminirenden Berggipfel des Kaukasus in einer Ausdehnung von 79.70 geogr. Meilen verbindet und als Längenachse der ganzen Kette bezeichnet werden darf, den Ausdruck von W. 27° 42′ 11″ N.

Für die Orientirung des kaukasischen Hauptkammes, soweit er den Südrand des ossetinischen Kesselthals des Naridon in Südwest vom Kazbek bildet, sind die geodaetischen Elemente der Schiefer-Pyramiden

des Sylga-Choch 42° 36′ 46″ lat. 61° 53′ 22″ B' long. = 118° 6′57″ absol. H. = 12660 e. F.
und Adai-Choch 42° 46′ 37″ - 61° 28′ 8″ A - = 117°49′51″ - - = 15250 —

bestimmend, die sich an den Endpunckten jenes Südrandes des Naridon-Gaues erheben. Die Länge dieses Theiles des Hauptkammes oder $c.$ ist 5,25 geogr. M.; seine geodaetische Lage aber W. 27° 58′ 24″ N. mithin sehr nahe dieselbe der mittleren Achsenlinie des Gebirges.

Auf der nördlichen, dem nahen caspischen Meere zugewendeten Seite der Südhälfte des kaukasischen Gebirges gestatten die geodaetisch bestimmten Höhenpunkte:

des Klitt 41° 9′ 22″ lat. 66° 19′ 50″ long. B' = 109° 20′ 52″ absol. H. = 6190 e. F.
des Kyrikai 41° 15′ 37″ - 65° 56′ 0″ - A — 109° 5′ 10″ - - = 8440 —

die Feststellung der mittlern Richtung der äussersten Vorkette des Gebirges welche von Aequivalenten der oberen, von mitteltertiairen Schichten überlagerten Kreideformation zusammengesetzt sind. — Der integrirende Theil von 4,75 geogr. M. Länge dieser steil gegen das Hauptgebirge abstürzenden Vorkette ist demnach W. 19° 13′ 2″ N. orientirt. Mit dieser Richtung, welche von der des Kaukasuskammes um 8 — 9° abweicht befindet sich, meinen Beobachtungen zu Folge, die Erhebungsachse der alpinen Tafelzone des Schach-Daghsystems parallel, welche mit der Verbindungslinie der Gipfel des Tschalbuz-Dagh des Schach-Dagh und des Kissil-Kaya 12041 und 13950 e. F. zusammenfällt.

Der Bau dieses merkwürdigen, in orographischer und physikalischer Beziehung ebenso eigenthümlich als selbstständig individualisirten Gebirges, wovon ich an mehreren Orten vor-

läufige Notizen gegeben habe[1]), zeigt in der grossartigen Entwicklung seiner hoch in die Eisregion emporgehobenen Dolomitmassen, wie in der partiellen Dolomit-Breccienatur seines in der Tiefe der Thäler in lehrreichster Weise blossgelegten Grundgebirges die ganze Intensität des metamorphosirenden Einflusses, den das Kreidegebirge hier bei seiner Zersprengung und Erhebung innerhalb jener Achsenrichtung von N. 19° 13′ S. erfahren hat.

Jn den parallelen Neigungsketten, welche in Südost des Schach-Daghsystems theils als geschlossene, theils als geöffnete Gewölbe das Kreideterrain emporhebend, und in grosser Monotonie ihrer orographischen Formen bis an das Ende des Gebirges am Vorgebirge Chedersin[2]) sich wiederholend gefunden werden, ist die kaukasische Hauptrichtung entschieden vorherrschend. So unverkennbar sich auch die Uebereinstimmung dieser Hauptrichtung in der Mehrzahl der Linien ausdrückt, nach welchen die Schichten aufgerichtet sind, so oscilliren dieselben doch auch sehr häufig und zwar in ganz ähnlicher Weise um jene Hauptrichtung O. 27°40′ S. wie die einzelnen Glieder, welche den kaukasichen Kamm zusammensetzen, um die mittlere Richtung dieser Gebirgsachse selbst. Grössere Extreme für die Erhebungsrichtung von NW.-SO. als O. 45° S. bis O. 19° S. zeigt meine Liste der beobachteten Mittel der Streichungslinien im dislocirten secundären Terrain auf der Nordseite des Gebirges südöstlich vom Schach-Dagh nicht, dagegen giebt sich in den Lagerungsverhältnissen des Tertiair-Terrains ein der Ostwestrichtung stärker genähertes Streichen zwischen hora 6 und 7 und zwar besonders häufig in der ganzen äusseren Umwallung des dagestanischen Berglandes zu erkennen. Schon früher ist auf die vorherrschende Theilnahme dieser Erhebungsrichtung an dem Baue der kaukasischen Vorketten im Norden des Kazbek, zwischen dem Terek und Soulak sowie auf das ausgezeichnete Mitwirken derselben an der orographischen Entwickelung des westlichen Dagestan, besonders des andischen Gebirges, hingewiesen worden. Erst im Westen des Kazbek vom Naridonthale an gehen die steil gegen das Gebirge abstürzenden aus Jura- und Kreideschichten gebildeten Vorketten bis in die Nähe des Elburuz allmählig wieder in die Achsenrichtung des Gebirges von SO.-NW. über.

In der östlichen Hälfte des inneren dagestanischen Berglandes, so weit es meiner direkten Beobachtung in den Thälern des Kumükischen Koissu bis zum Soulak zugänglich gewesen, habe ich die Richtung O. 40° - 45° S. in den Längenachsen der zahlreichen parallelen Gewölbketten der Längenthäler und Comben mit ihren Clusen im secundären Terrain des labyrinthisch gegliederten Landes als die vorherrschende und zwar diejenige erkannt, welche der orographischen Entwicklung des grossen Ganzen die durchgreifendsten Züge verleiht.

1) Bulletin de la classe physico-math. de l'Académie Imp. des sciences de St. Pétersbourg T. IX, 41 — 43. — Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft T. III, p. 42 - 45.

2) Von dem Gipfel dieser Felsklippe, die nach meiner Barometermessung (paris. Lin. und Reaum. $b = 341{,}56$; T. 11 und $b' = 321{,}80$; T. 9,5; $t + t' = 15{,}8°$ R.) 1606 + 10 = 1616 engl. F. über dem caspischen Meere liegt und in mehrfacher Beziehung Analogieen mit dem Vorgebirge von Terracina besitzt, wird die eisbedeckte Kuppel des Schachdag genau in W. 15° N. gesehen. Die Schichten steil aufgerichteter und gegen NO. einfallender dichter Kalke, mit den ihnen auflagernden Breccien-Kalken und thonig-schiefrigen Mergeln besitzen dagegen ein Streichen von W. 28 — 30°N. Trümmerschichten aus Kalkbruchstücken und weichen Schiefertheilen gebildet, streichen am Fusse der Klippe von Chedersin W. 40° N. mit Einfallen NW.

Als dergleichen Züge sind beispielsweise die scharfen Begränzungslinien der steilabstürzenden Plateauhöhen der neocomen Kalksteinformation, so wie die synklinalen Achsen zu betrachten, welche über die, durch tiefe Spaltenthäler von einander getrennten, mitunter völlig isolirten Tafelberge des inneren Dagestan in nahe geradliniger und paralleler Richtung mit dem kaukasichen Schieferkamme hinwegziehen. Diese, nur von den grösseren Höhenpunckten aus richtig zu beurtheilende Linien vermitteln die Vorstellung von Längen-Furchen, durch welche ein ursprünglich zusammenhängendes und sanft geneigtes Kalkplateau in der Richtung von SO.-NW. aufgerissen worden ist. So wird die geognostische Gränze zwischen der secundären Schieferformation und der kalkig-sandigen Abtheilung des Kreide-Gebirges durch die gemeinsame in W. 30° N. orientirte Kantenlinie der Steilabstürze ausgeprägt, welche die frei stehenden Tafelberge Tschounun, Tourtschidag, Ginib und Schamadan-Gora mit absoluten Höhen von 7900 bis 8000 Fuss dem kaukasischen Kammezuwenden. Die schwach eingesenkten Längenthäler, welche alle diese Plateaumassen durchsetzen, fallen in die Richtung einer Depression, welche Dagestan mit dem Plateau von Avarien von SO.-NW. durchzieht und noch jenseits eine bedeutende Einsenkung in dem andischen Gebirge bedingt.

Ein und derselbe geognostische Horizont verbindet hier die isolirten Plateauhöhen des neocomen unveränderten Kalkgebirges im Inneren von Dagestan mit der durch dolomitisirende Umwandlung so eigenthümlich individualisirten Tafelzone des bis zu 13000 Fuss in die kaukasische Kammregion emporgehobenen Schach-Dagh-Gebirges.

An dem nordwestlichen Ende des Kaukasus habe ich zwischen Gelendschick und Novorossisk auf der Südseite des Gebirges die Streichungslinien fester, Fucoidenreste einschliessender Mergelkalke, welche in Verbindung mit einer sandigen thon und eisenreichen Schieferformation daselbst den Grundbau des Gebirges bedingen, constant N. 39° W. orientirt gefunden. Derselben Richtung folgt der, Varada genannte Theil des kaukasischen Kammes, mit einer Passhöhe von 1225 Fuss, zwischen der Höhe Wiljaminowska, im Meridian von Gelendschik und dem nordwestlich liegenden Bergknoten Sobaless. Von hier beginnt eine Bifurcation, die den nunmehr endenden kaukasischen Kamm in einen von SSO-NNW. gerichteten, Psogoletsch genannten Hauptast und einen westlichen Nebenast Scheki und Chinderei zerlegt. Die nordwestlich gerichtete Abdachung des bewaldeten Berggebietes Psogoletsch endet am Kuban. Der vom 1200 Fuss hohen Passe Bsodi-jur auslaufende Hochrücken des westlichen Nebenastes Chinderei wird von den Steilabstürzen der Meeresküste begränzt. In südöstlicher Richtung von dem Berge Wiljaminowska geht die Kammlinie des Gebirges in W. 45° N. über.

Zwischen den beiden Aesten Psogoletsch und Chinderei des somit weit auseinander tretenden kaukasischen Zuges geht die mittlere Richtung desselben auf die Längenachse eines tief eingesenkten umfangreichen Flachthales über, auf dessen oberer Stufe das Streichen von W. 39° N. noch häufig zu erkennen ist. In diesem Thale, dessen Mitte durch einen von Waldungen und Tscherkessen Aulen occupirten Flachrücken eingenommen wird, gewinnt die Einwirkung ostwestlicher Erhebungen ein immer grösseres und fast ausschliessliches Feld. Es verrathen sich dieselben theils an den senkrechten Küstenprofilen unterhalb und südlich von Anapa;

theils prägen sie sich in der Längenrichtung und Schichtenstellung einer Anzahl von Parallelrücken aus, die bald als westliche Ausläufer des Hauptastes der Bifurcation erscheinen, bald sich selbständig als kleine tertiaire Höhenzüge isoliren; Flachthäler zwischen sich lassend, deren Achsen sämmtlich von Ost nach West gerichtet sind. Das Streichen von W. 11° N. mit einem mittleren Einfallen von 32° N. fand ich in dem Schichtenbau des Chinderei und seiner Parallelen constant, und erkannte dasselbe als vorherrschend bis zum Kuban, so wie im gesammten Baue der Halbinseln Taman und Kertsch. Die orographische Gliederung des nordwestlichen Kaukasus Endes halte ich meinen Gesammtanschauungen zu Folge für das Resultat der Durchkreuzung von zwei verschiedenen Parallelsystemen, die den Erhebungsrichtungen OW. und SO-NW. untergeordnet sind mit bestimmter Anzeige, dass das ganze Terrain zuletzt entschieden überwiegend durch dislocirenden Einfluss einer Erhebung von weitester Wirkungssphäre von Ost nach West afficirt worden ist.

Auf der Südseite des kaukasischen Gebirges wird die Richtung der unter sich parallelen Längenachsen der tertiairen Tafelzonen der Steppen Schirak und Karaja, wie diejenige der breiten Längenthäler, welche Alassan und Jora durchströmen, durch zwei Signalpunkte am Nordrande der hohen Steppe gegeben:

Siltscha 41° 14′ 0″ lat. 64° 16′ 29″ long. B' = 125° 37′ 55″ absol. H. 3590 e. F.
Nukriani 41° 37′ 33″ - 63° 32′ 16″ - A = 125° 8′ 39″ - - 6530 —

Der erste Punkt in der Nähe von Cygnach, der zweite nördlich von den Vereinigungspunkten des Alassan mit dem Jora und dem Kur.

Die 10,17 geographische Meilen lange Linie ist mit Rücksicht auf das arithmetische Mittel aus B' und A = W. 35° 23′ 17″ N. orientirt.

b. Erhebungen von SO.-NW. in den georgisch-armenischen Gebirgen.

Das nordöstliche durch seinen Reichthum an Eisenerzen besonders ausgezeichnete Randgebirge des Goktschai See (pag. 368) wird in seinem Grundbau theils aus stockförmigen, theils aus geschichteten krystallinischen Felsarten zusammengesetzt und unregelmässig überlagert von klastischen Bildungen mannigfaltiger eruptiver Porphyrgesteine, welche häufig eine deutliche Schichtung besitzen. Eine sehr mächtige Kalkformation der Kreideperiode überlagert diese Massen und breitet sich vorzüglich auf der Nordseite des Gebirges in alpinen, von tiefen circusartigen Querthälern unterbrochenen Tafelzonen aus. Verschiedenartige Porphyre, Syenit, Hypersthenit, Euphotid und Mandelsteinartige Gebilde treten in der Kammregion dominirend hervor, in welcher mitunter auch in Marmor umgewandelte senkrecht aufgerichtete Schichten der Kreidekalke sich mit einem Streichen von SO-NW. bis N. 30° W. einstellen.

Die der Längenachse des Gotschkai conforme Hauptrichtung dieses Randgebirges wird zunächst durch die Gipfelpunkte:

Kara-Archatsch 40° 25′ 32″ lat. 63° 15′ 48″ long. B' = 138° 38′ 28″ absol. H. 10110 e. F.
Murguz-Dagh 40° 43′ 10″ - 62° 55′ 17″ - A = 138° 25′ 8″ - - 9980 —

mit einer Länge für c. von 5,88 geogr. M. = N. 41° 28′ 12″ W. orientirt.

In weiterer Fortsetzung dieses Kammes gegen Südost geben der:
Kundur-Dagh 40° 18′ 33″ lat. 63° 37′ 3″ long. B' = 113° 26′ 47″ absol. H. 11080 e. F. und
Kara-Archatsch 40° 25′ 32″ » 63° 15′ 48″ » A = 113° 13′ 1″ » » 10110 —
der Linie *c.* mit einer Länge von 4,41 geogr. M. die Richtung W. 23° 19′ 54″ N.

Zwischen dem Kundur-Dagh und Murow-Dagh nimmt wie bereits pag. 368 gezeigt, die geodaetische Linie *c.* die Lage W. 5° 33′ 45″ N. an.

Die Kammlinie des östlichen Randgebirges von Kara-Bagh, welches auch das Gebirge von Schuscha genannt wird, ist zwischen den Quarzporphyrgipfeln:

Kyrss 39° 38′ 52″ lat. 64° 24′ 42″ long. B' = 143° 11′ 55″ absol. H. 9010 e. F.
Kyrch-Kiss 39° 53′ 29″ » 64° 40′ 72″ » A = 143° 2′ 49″ » » 9350 —

auf 4,56 geogr. M. = W. 36° 52′ 38″ N. orientirt.

Für die Bestimmung der geodaetischen Lage der Längenachse des lenkoranischen Gebirges, in welchem die Linie des Streichens und der Dislocationen der Schichten nach meinen Beobachtungen W. 30 bis 40° N. beträgt, besitzen die Signal- und Gipfelpunkte:

Kula-Dasch 38° 54′ 44″ lat. 65° 41′ 7″ long. B' 119° 19′ 33″ absol. H. 7260 e. F.
Djan-Gasar 38° 41′ 50″ » 66° 10′ 24″ » A 119° 37′ 55″ » »

für die geodaetische Orientirung W. 29° 28′ 44″ N. mit 6,55 geogr. M. für *c.* nur einen approximativen Werth, indem der Signalpunkt Djan-Gasar nicht genau in der Kammlinie liegt.

Das Talyschgebirge, am nordöstlichen Rande des nordpersischen Plateau mit seinen Passhöhen von 6900 bis 7000 Fuss,[1]) steht in dem Verhältniss einer grossen geognostischen und physiognomischen Aehnlichkeit mit den latitudinalen, trialetischen, achalzik-imeretinischen und gurischen Kettenzonen. Mehr oder minder deutlich geschichtete Trümmerbildungen mannigfaltiger, eruptiver Felsarten der gröbsten und feinsten Aggregation, an deren Zusammensetzung Amphibol, Pyroxen, Labrador und Oligoklas einen vorherrschenden Antheil nehmen, bedecken auch dort ein krystallinisches Massengebirge von eigenthümlicher Beschaffenheit. — Durchbrüche prachtvoller Labradorporphyre in Verbindung mit doleritischen, zeolithreichen Mandelsteinen folgen den antiklinalen Längenachsen grosser Erhebungsthäler, deren Ränder, wie im Kreise Suwanti, integrirende Theile der vielfach gebogenen Kammlinie des Randgebirges selbst bilden, welches sich gegen die Hochebene von Ardebil allmählich senkt.

Die longitudinale Achse des westlichen Randgebirges von Kara-Bagh, bestimmt die Lage:
d. Kaputschich-Dagh 39° 9′ 37″ lat. 63° 40′ 3″ long. B' = 140° 5′ 33″ absol. H. = 12860 e. F.
und Kuki-Dagh 39° 33′ 34″ » 63° 14′ 1″ » A = 139° 49′ 3″ » » = 10300 —
Den ersten Gipfel bildet eine Graniterhebung zwischen Nachitschevan und Ordubad; den zweiten eine grosse Trachytische Massenerhebung auf der Gränze zwischen Daralagez und Kara-Bagh.

Die Linie *c.* ist diesen Elementen zu Folge mit einer Länge von 7,82 geogr. Meilen = N. 40° 2′ 42″ W. orientirt.

1) Bulletin physico-mathématique. Tom IX. Nro. 3. Tab. 20.

Die Längenachse des vulkanischen Centralplateau von Karabag, östlich von dem so eben erwähnten Gebirgszuge, durch die trachytischen Eruptivsysteme:

Klysali-Dagh 39° 35′ 8″ lat. 63° 50′ 24″ long. B' = 131° 18′ 46″ absol. H. = 11710 e. F.
Gösel Dara 40° 0′ 46″ » 63° 12′ 10″ » A = 130° 54′ 18″ » » = 11700 —
bestimmt, erstreckt sich auf 9,75 geogr. M. W. 41° 6′ 32″ N.

Mit sehr geringer Abweichung von dieser Richtung liegen in nahe gleichen Intervallen zwischen den genannten Bergen die gleichwerthigen Centralpunkte früherer intensiver vulkanischer Thätigkeit, Kissil-Bogas oder Maphrasch-Täppa, Dawa-Goesu, Carial und Tik-Piläkan, (steile Treppe), der letztere wie der Gösel-Dara am Südrande des Goktschai Seebeckens. In sehr nahem Parallelismus mit dieser Richtung befindet sich diejenige Linie, welche die Achse der grossen vulkanischen Zone am naturgemässesten bezeichnet, die innerhalb der Verlängerung des östlichen Randgebirges von Nordpersien, Azerbeidjan und das gesammte Hochland des russischen Armeniens durchsetzt.

Die Orientirung dieser vulkanischen Achsenlinie vermitteln:

1. Die eruptive Trachyt-Erhebung des Sabalan bei Tebriz ..... 38°16′ 9″ lat. 65°30′ 3″ long. B' = 132° 4′ 26″ absol. H. = 15000 e. F.
2. der glasart. Odsibian-berg Ag-Dagh auf d. westlichen Randplateau des Goktschai .. 40°10′44″ » 62°41′ 2″ » $\left\{\begin{matrix} A = 130°17′32″ \\ B' = 128°16′59″ \end{matrix}\right\}$ » » = 11370 —
3. die eruptive Trachyt-Erhebung Telill westlich von Achalzik .. 41°35′ 7″ » 60°15′33″ » A = 126°41′45″ » » = 8220 —

zwischen 1. und 2. ist die Richtung der gesuchten Achse mit dem Werthe für c. von 43,49 geogr. Meil, = W. 41° 10′ 59″ N. Von 2. bis 3. ergiebt sich die Richtung W. 37° 29′ 22″ N., mit einer Länge von 34,65 geogr. M.

Das arithmetische Mittel beider Werthe giebt dieser gesammten vulkanischen Achse von 74,14 geogr. M. Länge eine Orientirung von W. 39° 20′ 10″ N.

Wollte man es vorziehen, diese Achse auf die Linie zu übertragen, welche den Sabalan und Alagez verbindet und in nordwestlicher Verlängerung genau den Kratersee des Tschyldyr-systems durchschneidet, so würde die Richtung derselben, den Werthen der Winkel B' 129° 51′ 11″ und A 127° 32′ 25″ gemäss, auf eine Länge von 54, 10 Meilen W. 38° 41′ 48″ N. sein, mithin nur sehr wenig von der ihr vorangestellten abweichen.

Die geodaetische Linie, welche die Mittelpunkte der Basen des Sabalan und des grossen Ararat verbindet, würde mit einem Werthe für c. von 46,43 geogr. M. den Winkeln B' 118° 38′ 13″ und A 116° 24′ 36″ zu Folge, W. 27° 31′ 34″ N. orientirt sein.

Die geographische Position des Demavend ist nach den sehr annäherenden Bestimmungen des Herrn Oberst Lemm, handschriftlicher Mittheilung zu Folge, lat. 35° 56′ 30″ lat. 52° 51′ 45″ long. v. Greenwich.

Demavend 35° 56′ 30″ lat. 69° 55′ 21″ long. $B' = 124° 44′ 32″$ absol. H. unsicher.

Sabalan 38° 16′ 9″ » 65° 30′ 3″ » $A = 122° 4′ 24″$ » » 15000 e. F.

Die geodaetische Linie zwischen beiden Bergen besitzt somit eine Länge von 63,4 geogr. M. und ist W. 33° 24′ 28″ N. orientirt. In nordwestlicher Verlängerung trifft diese Linie genau das Doppelsystem des Ararat. Es genügen diese auf Grundlage genauer Messungen und Berechnungen erhaltenen Angaben, um die grosse Bedeutung klar hervortreten zu lassen, welche die Thatsache symetrischer Gruppirung fast der sämmtlichen durch maxima absoluter Dimensionen ausgezeichneten vulkanischen Systeme der alten Welt, auf einer schmalen Zone von 13,7 geogr. M. Länge besitzt, deren mittlere Achse von W. 38 — 39° N. sich im nahen Parallelismus mit der Richtung der Zagrosketten W. 40° N.[1]) befindet. Die Hauptdirectionslinie aller Schichtenaufrichtungen und Dislocationen ist jener Achse parallel, welche in der Richtung SO-NW. in Armenien und Persien orographische und stratigraphische Resultate ihrer Wirkungen hinterlassen haben. Es ist dieselbe Richtung, auf deren Häufigkeit im nördlichen Deutschland L. v. Buch zuerst aufmerksam machte, welche das Thüringer Waldgebirge W. 40° N., die Dalmatischen Alpen, die griechischen Ketten und die Inseln des griechischen Archipels[2]) beherrscht, mit den Längenachsen des adriatischen Meeres, des rothen Meeres, des persischen Golfs parallel läuft, und von deren geologischen Bedeutung im stillen Ocean noch später die Rede sein wird.

III. Die Erhebungen und Dislocationen von Südwest-Nordost.

sind von besonderer Bedeutung durch den Parallelismus, in welchem sie sich mit der Achse der grossen centralasiatischen Erhebung befinden, die von Persien bis zur mongolischen Gobi der mittleren Richtung von N. 60 O. folgt und in ihren Parallelen den Ausdruck ein und desselben Bildungsgesetzes in die Plateaus von Arabien, Persien und Kleinasien überführt.

Das grösseste durch die Intensität des Effectes der absoluten Erhebung bedingte Gewicht ihrer Wirkung fällt der dominirenden Grösse des centralasiatischen Plateaus gemäss, auf die gegen das südchinesische und hinterindische Tiefland steilabstürzende Südostseite desselben, wo sich die grössesten Massenerhebungen der alten Welt concentriren.

Wie die Ketten des Vindhya, der Satpura- und Sehsa-Gebirge sich gegen Südosten neigen[3]) und die Kalkkette von Hadramaut an der Südküste Arabien's von N. 67° O streicht[4]), so

1) Asie centrale. T. I, pag. 217. 284.

2) v. Buch, description des îles de Canarie, pag. 394.

3) Asie centrale. T. I, pag. 20 und 56.

4) Asie centrale. T. I, pag. 207.

liegt auch auf dem persischen Plateau das Maximum der plastisch gestaltenden Wirkung der Erhebungen von SW-NO. ebenfalls auf der Südostseite desselben. Ausgeprägt erscheint diese Wirkung in der mittleren Richtung der Küstenterrasse von Belutschistan, die sich im Sarawan bei Kelat bis zu 9000 Fuss und darüber erhebt, so wie auch in dem System zahlreicher Parallelketten von Afghanistan. Der gegen NW. gerichtete Abfall dieser Massenanschwellung scheint die Achse der Depression zu bestimmen, in deren Mitte der Zarehsee[1]) die aus den Afghanistanischen Längenthälern hervorbrechenden Stromsysteme aufnimmt und gewiss noch in bedeutender absoluter Erhebung das Phänomen der hydrographischen Isolirung des kaspischen Meeres, des Urmia- und Vansee wiederholt. Die bedeutende Meereshöhe von Ispahan und Teheran am Westende der grossen Salzwüste, so wie die noch immer beträchtlichen von Mesched (3045 e. F.) und Herat (2600 ungewiss) am Nordsaume der letzteren scheinen jenen Voraussetzungen zu entsprechen. Der physiognomisch gestaltende Einfluss von Parallelen dieser dritten Erhebungsrichtung im Inneren der Westhälfte des persischen Plateau ist mit Ausnahme eines noch näher zu begründenden, die Salzsteppe in diagonaler Richtung durchsetzenden Höhenzuges von SW-NO, der von Yezd beginnt, allem Anschein nach nur sehr untergeordnet. Viel bedeutender erscheint derselbe, wie später zu zeigen, in der Gliederung des nördlichen iranischen Randgebirges. — Gleiches gilt für Azerbeidjan. — Erst auf der Südosthälfte der kleinasiatischen Halbinsel tritt das für die Hauptglieder der grossen asiatischen Plateauzone geltende Gesetz grössester absoluter Erhebungen von SW-NO. im cilicischen Taurus, im Bulgur-Dagh, Ag-Dagh und Karabel-Dagh, so wie im Dundur- und Kanly-Dagh südwestlich von Malatia mit 9 bis 10,000 Fuss Meereshöhe, wieder in seiner vollen Stärke hervor. Die Erhebungen, welche die Parallelen des kleinasiatischen Taurus hier diametral in der Richtung nach NO. durchsetzen, bedingen wesentlich den Lauf des Djihan und des Euphrat von Erzinghan bis Kjeban-Maden.

Im Kaukasus besitzt die in Rede stehende Erhebungsrichtung eine kaum zu bezweifelnde, äusserst wichtige orographische Bedeutung im Inneren von Dagestan. Noch ist die wahre Natur und mit derselben die geologische Bedeutung der Bogozis-Mthawi (Berge der Bogozen) genannten Gebirgserhebungen unbekannt, die in Südwest des flachen Plateau-Gewölbes von Avarien (p. 375) bis in die Schneeregion aufsteigen. Diese für das Innere von Dagestan centralen Bergmassen der Bogozis-Mthawi bezeichnen den Ausgangspunkt der Längenachse des avarischen Plateau. Den Flussthälern des Avarischen und Andischen Koissu, wie der mittleren Richtung des andischen Gebirges selbst parallel, trifft diese Achse in ihrer nördlichen Verlängerung zuerst den 3000 Fuss tiefen Querspalt, in welchem der Sulak das neocome Gebirge des Salatau und Tustau durchbricht; weiter gegen NO. tangirt dieselbe Achse die Schlucht, in welcher der Oçen die mächtige tertiaire Sandsteinformation zwischen Kaptschugai und Kumtur-Kaléh durchströmt. Die theoretische Vorstellung, durch den Einfluss örtlicher Anschauungen, wie sie der unvergleichliche Standpunkt von der Höhe des Tus-Tau z. B. darbietet, wesentlich geleitet und bestimmt, ahnet in diesen Verhältnissen augenblicklich die Wirkungen einer Erhebung, wel-

1) Ritter's Erdkunde. T. VIII, pag. 153.

che in der Richtung von SW-NO. (hora 3 — 4) und zwar innerhalb der Tertiair-Periode, die heutige Gestaltung von Dagestan wesentlich ausgebildet haben muss. Dieser Voraussetzung entsprechen die von mir innerhalb der nördlichen Hälfte dieser Achsenzone von Ischkarti über Temir-Chan-Schura bis zum kaspischen Meere bei Petrowskaja mit Aufmerksamkeit gesuchten und sogleich gefundenen Störungen und Abweichungen der Schichtenaufrichtungslinien des Kreide- und Tertiair-Terrains von den beiden nach (pag. 374) in dieser Region herrschenden Normalen von SO-NW. und O-W. Ausdrücke dieser Störungen in der Richtung hora 3 sind: Streichen der Kreideschichten bei Ischkarti N. 15 — 20° W.; 5 bis 8° Neigung; Uebergang der Sandsteinschichten bei Temir-Chan-Schura und Kapschugai, aus W. 35 bis 40° N. und W. 10 bis 15° N. in die vorherrschende Richtuug N. 30, O. mit 46° Einfallen gegen N.

Entschiedener und positiv begründeter erscheint das Einwirken nordöstlicher Erhebungen dagegen in Georgien und Armenien.

Im meschischen oder karthalinischen Gränzgebirge[1]) steht die NO-SW. gerichtete Längenachse des fundamentalen Urgebirgsgewölbes im Parallelismus mit der Streichungslinie, welche die dasselbe überlagernden und zu beiden Seiten des Gebirges aufgerichteten Schichten der Kreide- und Tertiairformation zeigen.

In Armenien erhält die Erhebungsrichtung von SW-NO. nur einmal hervorragenden orographischen Ausdruck und gewinnt eine besondere physikalische geographische Bedeutung in der Wasserscheide zwischen dem oberen Lauf des Kur und Araxes. Sehr scharf und bestimmt prägt sich diese Wasserscheide in der Linie aus, welche von dem Trachyt-Dome des grossen Abulberges bei Akalkalaki in südwestlicher Richtung über den Doleritkegel des Tschüsch-Täppä 7515 und den 9000 F. hohen Gök-Dagh, durch den Kratersee des Tschyldirsystems geführt, längs des südöstlichen Randes des von Laven bedeckten Plateaus von Gella in grader Verlängerung 4 hohe vulkanische Gipfelpunkte trifft und im 8000 Fuss hohen Alagöduk die meridiane Reihe der Trachyt- und Obsidiankegel des Saganly-Daghsystems im rechten Winkel durchschneidet.

Sehr beachtenswerth ist die Häufigkeit einer mehr oder minder versteckt liegenden dislocirenden Einwirkung auf den inneren Schichtenbau grösserer und kleinerer Gebirgsgliederungen in der Richtung von SW-NO., welche bei näherer geognostischer Untersuchung der von mir bereisten Ländergebiete zwischen dem kaspischen und schwarzen Meere überall zum Vorschein gekommen ist.

Dieser oft nur durch Messung der Streichungslinien dislocirter Schichten bestimmt zu erkennende Einfluss hat überall und ohne Ausnahme das palaeozoische Terrain afficirt. Es ist dieselbe merkwürdige Stunde hora 3 — 4 des bergmännischen Compasses, in welcher sich die Schichten des früher sogenannten Uebergangs- und Steinkohlengebirges, nicht allein in Europa, sondern auch in der neuen Welt aufgerichtet zeigen[2]), wo dieses Verhältniss die Aufmerksamkeit L. v. Buch's und Alexander v. Humboldt's zuerst auf sich gezogen hat. — Die Ursprünglichkeit des Streichens der Schichten des devonischen und Bergkalk-Terrains in der Rich-

1) Bulletin phisico-mathem. T. IX, pag. 30.

2) Asie centrale. T. I, pag. 280.

tung hora 3, welches vom Südfusse des Ararat an, als breite Zone zum Theil von jüngeren Bildungen bedeckt, diagonal durch Armenien zieht, unterliegt keinem Zweifel. Obnerachtet der unglaublichen Zerrüttungen, welche der Schichtenbau dieser Bildungen, in Folge successiver Hebungen, in anderen Richtungen häufig erfahren hat, prägt sich die Richtung hora 3 — 4 in den mittleren Werthen genauer Messungen dennoch deutlich aus. Die von WSW-ONO. gerichteten kleinen palaeozoischen Parallelketten, welche im Süden des Ararat die Araxes Ebene quer durchziehen und bei Degma-Dagna vom Araxes quer durchbrochen werden, wiederholen in dem Durchschnittsverhältniss ihrer südwestlichen Streichungslinien zu der latitudinalen Längenachse der Züge, in kleinem Maassstabe analoge Erscheinungen, wie sie in Bezug auf Nichtparallelismus der Directionslinien α. und γ. die Küstenkette von Venezuela darbietet.[1])

Sehr wahrscheinlich ist es, dass die dislocirenden Kräfte, welche zu der alten Richtung SW-NO. in jüngeren Bildungsperioden mehrfach zurückkehrten[2]), einen Antheil an der Entstehung jener merkwürdigen Thalbildungen genommen haben, welche mitunter ganze Systeme nordwestlich gerichteter Randgebirge der Plateauländer im rechten Winkel vollständig durchbrechen und so den Werth spaltenartiger Schleusen erhalten, durch welche einst bestandene Binnenseen entleert wurden und in der Gegenwart der Abzug der Gewässer zu den Niederungen vermittelt wird.

Die Durchbrüche des Kur, durch das Trialetigebirge bei Atzkuri und Bardjom, des Sulak durch den Sala-Tau am nördlichen Dagestan, des Kizil-Uzen oder Zefid-Rud durch das Rudbar-Gebirge der Elbruzkette in Nordpersien, würden als Naturformen dieser Art gelten können.

Erhebungen von SW.-NO. in Armenien.

Für die Ableitung der Achsenrichtung des Meskischen Gebirges, auf dem bisher befolgten Wege, fehlen die geeigneten geodaetisch bestimmten Punkte. — Indessen befindet sich diese Richtung in einem scharfen Parallelismus mit der bereits erwähnten Achse vulkanischer Erhebungen längs der Kura Araxes Wasserscheide im türkischen Armenien.

Die Richtung dieser Achsenlinie wird durch die Lage der folgenden Berggipfel von vulkanischer Entstehung bestimmt, welche in langer Reihe die Plateaugebiete von Akalkalaki und von Schuragel durchziehen:

1. Godorebi	41° 27′ 54″	lat.	61° 20′ 53″	long.	= 10470 engl. F.
2. Gök-Dagh	41° 12′ 20″	»	61° 0′ 57″	»	= 9739 —
3. Kissyr-Dagh	40° 56′ 57″	»	60° 44′ 34″	»	= 10522 —
4. Bogo-Täppä	40° 49′ 8″	»	60° 36′ 35″	»	= 8586 —
5. Eschak-Meidan	40° 28′ 27″	»	60° 10′ 50″	»	= 8421 —
6. Tschomar-Dagh	40° 22′ 33″	»	60° 3′ 7″	»	= 9247 —
7. Sivin	40° 10′ 57″	»	59° 52′ 19″	»	= 9240 —

1) Asie centrale. T. I, pag. 279.

2) Elie de Beaumont Tom II. 499, 595, 598, 805, 889. Tom III. 1146, 1246.

Die geodaetischen Linien sind nach diesen Elementen:

1 : 3 nach $B' = 37°56'\ 2''$ und $A = 37°28'43'' =$ N. $37°42'22''$ O. auf 9,78 geogr. M.
3 : 5 » $B' = 37°53'\ 5''$ » $A = 37°27'31'' =$ N. $37°40'18''$ O. » 9,00 —
5 : 7 » $B' = 38°59'27''$ » $A = 38°47'28'' =$ N. $38°53'27''$ O. » 5,62 —

Die mittlere Achsenlinie *c.* erhält hiernach auf eine Länge von 24,14 geogr. M. die geodaetische Orientirung von N $37°59'58''$ O.

In 6 Meilen südwestlicher Entfernung vom Sivin-Dag bezeichnet das umfangreiche vulkanische Eruptivsystem des Kandil oder Topdag auf der Euphrat Araxes Wasserscheide den Punkt, wo die vulkanische Erhebungsachse von SW-NO. in die Euphrat Araxes Wasserscheide übergeht und zugleich die bereits oben pag. 371 näher besprochene latitudinale Erhebungsachse durchschneidet, welche von Elie de Beaumont als vulkanische Achse des Mittelmeeres bezeichnet wird.[1])

IV. Dislocationen und Erhebungen in der Richtung von Süd-Nord.

Mit gleicher Bestimmtheit, wie die zuvor betrachtete Erhebungsrichtung von SW-NO., tritt in den kaukasischen wie in den armenischen Gebirgen der orographische und stratigraphische Einfluss eines Systems von Hebungs- und Dislocationslinien hervor, welche der Meridianrichtung folgen. Im Gegensatze zu der Häufigkeit und der Intensität des orographischen Gewichtes, womit die Parallelen der Ostwesterhebungsrichtung von 38 bis 45° der Breite auf dem ganzen Raume zwischen dem kaspischen und dem schwarzen Meere zur Geltung gelangen, scheint das Einwirken einer Dislocationsrichtung von SN. sich auf dem ganzen angedeuteten Gebiete nur auf eine Zone von mässiger Breite zu beschränken.

Als ein physiognomisch sehr bestimmt hervortretender nördlicher Anfang dieser Zone ist auf der Nordseite des kaukasischen Gebirges ein System von Plateauförmigen langgedehnten und durch breite Thäler von einander getrennten Bergpartieen zu betrachten, die einen zusammenhängenden Höhenzug zwischen dem Laufe der oberen Malka und des Kuban bilden.[2]) — Sämmtliche Glieder dieser Tafelzone besitzen gemeinsame aber schwache Neigung ihrer ebenen Oberfläche gegen Osten, und wenden dem Kubanthale schroffe 1500 bis 1600 Fuss hohe terrassenförmige Abfälle zu. Die Achse dieses Zuges, der sich dem Kaukasus gewissermassen als Vorgebirge anschliesst, und den Ausgangspunkt der Wasserscheide zwischen dem kaspischen und schwarzen Meere bestimmt, deren Wirkungen sich bis Tsaritsyn ausdehnen, beginnt vom Fusse des Elburuzkegels. Diese Achse durchsetzt das dem letzteren nördlich unmittelbar anliegende, unmerklich gegen N. geneigte Hochland von Betschassin, auf welchem bei einer Breite

1) Elie de Beaumont l. c. T. III, pag. 1112 — 1118.
2) Bulletin physico-mathematique. T. XIII. pag. 355 und Zeitschrift für allgemeine Erdkunde. Berlin. T. I, p. 247 etc.

von 20 Werst zwischen dem Taschly-Syrt, am Fusse des Elburuzkegels und der Höhe von Bermamut keine grösseren Unebenheiten vorkommen, als solche, die das mittlere Niveau der Ebene um 200 Fuss überragen. Von dort erstreckt sich die Zone von den Höhen Bermamut und Eschkakon bis zu dem 2400 Fuss hohen Kalkplateau des isolirten Tafelberges Temnolesk genau in der Richtung des 12 Werst entfernten Stavropol.

Für die mittlere Richtung dieser meridionalen Erhebungsachse geben die folgenden Punkte die bestimmenden Elemente:

Elburuz = 43° 21′ 16″ lat. 60° 6′ 6″ long. B' = 169° 22′ 40″ = 18524 e. F.
Stavropol = 45° 3′ 11″ » 59° 39′ 2″ » A = 169° 3′ 48″ = 2150 —

Mit einem Werthe von 25,94 geogr. M. für c. ist die gesuchte Richtung auf den Meridian des Elburuz berechnet N. 10° 46′ 47″ W. Nördlich von Stavropol wird die weitere Fortsetzung dieser Wasserscheide zwischen beiden Meeren, durch den Lauf einer Linie bestimmt, welche mit östlicher Abweichung vom Meridian den See Manetsch durchschneidet und der Scheitellinie einer ununterbrochenen Terrainerhöhung folgt, die in Form eines flachgewölbten Rückens die ganze Steppe durchsetzt und bei Tsaritsyn mit der Richtung des rechten hohen Wolga-Ufers zusammenfüllt.

Die mittlere Richtung dieser Linie, womit die in Rede stehende Wasserscheide östlich vom Meridian abweicht, wird durch die folgenden Punkte bestimmt:[1])

Stary Manitschky 46° 10′ 8″ lat. 12° 59′ 15″ long. Pulkowa B' = 18° 23′ 8″
Tsaritsyn 48° 42′ 5″ » 14° 11′ 58″ » » A = 17° 29′ 34″

Hiernach schneidet die Linie auf 39,93 geogr. M. Entfernung den Meridian von Stary Manitschky unter N. 17° 56′ 21″ O.

Die Wirkungen, welche das System meridionaler Dislocationen auf dem südlichen Kaukasus-Abhange hervorgebracht hat, sind in orographischer Beziehung von keiner Bedeutung. Sehr bemerkenswerth ist dagegen der bestimmt hervortretende Einfluss von durchgreifenden Spaltungen, welche den gesammten inneren kaukasischen Gebirgsbau innerhalb einer Zone afficirt haben, deren Achse zwar keine südliche Verlängerung der Stavropolschen Plateau-Richtung N. 10° 46 W., wohl aber eine mehr östliche Parallele derselben bildet.

Ohnerachtet der grossen Zerrüttungen der stratigraphischen Verhältnisse, welche in dem inneren Baue der dem kaukasischen Hauptkamme von Suanien zunächst vorliegenden Schieferketten als Folgen stattgehabter Erhebungen nach zwei Hauptrichtungen erscheinen, zeigt sich der überwiegende orographisch bestimmende Einfluss der Ostwesterhebungen in diesen Ketten nicht minder durchgreifend und scharf ausgeprägt, wie in den ihnen südlich parallel vorliegenden Tafelzonen der Kreidekalke zwischen Radscha und Imeretien. Die constante Wiederkehr eines um die Meridianrichtung oscillirenden Streichens, zumal der älteren tieferen Schichten, welches in einer und derselben Linie vom suanischen Kamme über Okriba hinweg bis an

1) Positions géographiques déterminées en 1847 par le Lieutenant-Colonel Lemm dans le pays des Cosaques du Don par M. O. Struve. Mémoires de l'Academie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg. Sciences mathém. et physiques. Tom VI. pag. 23. 1855.

den Fuss des Gebirges zu verfolgen ist, deutet hier mit Bestimmtheit auf später Statt gehabte Eingriffe dislocirender plutonischer Kräfte. Einem gleichen Verhältnisse wird man die Zerklüftungen, Verwerfungen und höhlenartigen Einsenkungen zuschreiben dürfen, welche eine genauere Untersuchung in dem neocomen und oberen Kreidegebirge von Radscha bei Chotevi und bei Nikola-Tsmida (2922 Fuss.) wie in dem Baue der südlichen, gleicher Formation angehörigen Umwallung des weiten Kesselthals von Okriba erkennen lässt. Das lineare System von Klüften und Spalten, welche das zersprengte Kalkgebirge quer auf seine Längenrichtung durchsetzen, bedingt eigenthümliche hydrographische Verhältnisse, durch welche dem Phänomene der Perte du Rhône analoge Naturerscheinungen sich zweimal auf ein und derselben Zone wiederholt zeigen.

Bei Nikola-Tsmida[1]) veranlassen Klüfte und Verwerfungen, die das Flötz-Kalkterrain in der Richtung N. 15°-20° W. durchziehen, das plötzliche Verschwinden des Tschkharula Flusses[2]) in Mitten seines felsigen Bettes und vermitteln nach einem verborgenen Laufe des Wassers von 4 Werst den Wiederaustritt desselben an einer tieferen Stelle. Ein ganz gleiches Verhältniss veranlasst weiter südlich genau in derselben Richtung das Verschwinden des Flusses von Tqirboul[3]) dicht unter der hohen Felswand, welche den natürlichen Ausgang des durch seinen Reichthum an Steinkohlen berühmten Thales gleiches Namens 1527 Fuss über dem Meere völlig abschliesst. Am correspondirenden Fusse des äusseren südlichen Abhanges der Thalumwallung von Tqirboul treten die Wasser des verschwundenen Flusses in einem tieferen Niveau 627 F. ü. d. M. bei dem Dorfe Tschkhari aus höhlenartigen Klüften innerhalb der Achse einer flachen Wölbung des Berges Saghoré[4]) hervor, welche in der Meridianrichtung liegt. Die Quellen vereinigen sich zur Bildung der Dzewrula, die der nahen Qwirila zueilt. In den

georgischen und armenischen Gebirgen

gewinnen die Wirkungen meridianer Erhebungen eine ganz vorzügliche orographische Bedeutung. Dieselbe beruht auf dem hervorragenden Antheil, den flach gewölbte unter sich parallele Hochrücken und in der meridianen Richtung zu linearen Gruppen aneinander gereihete domartig gestaltete vulkanische Erhebungen an der physikalischen Begränzung von Hauptheilen der taurisch-armenischen Plateauerhebungen nehmen.

Der Werth einer physikalischen Begränzung wird auch hier allerdings denjenigen Linien zukommen, welche in meridianer Richtung auf längeren Intervallen Wasserscheiden bilden und die Gipfelpunkte auf denselben befindlicher hoher Bergsysteme in grader Richtung verbinden. Eine diesen Anforderungen entsprechende Wasserscheide, welche der meridianen Richtung folgt, ist in dem Massengebirge ausgedrückt, welches zwischen den latitudinalen Ketten von Trialeti, Besobdal und Pambak die Plateaugebiete von Akalkalaki, Tschyldir und Alexandropol gegen Osten begränzt. Den nördlichen Theil dieser Wasserscheide bildet die umfangreiche Gruppe der Reihenvulkane Godorebi und das Doppelsystem der mit dem grossen und

1) Description géographique de la Géorgie traduite par Brosset 1842, pag. 375.
2) Dubois de Montperreur, voyage autour du Caucase T. II, pag. 387.
3) Description géographique de la Géorgie. pag. 361.
4) Description géographique de la Géorgie l. c. pag. 361.

kleinen Ararat vergleichbaren Abulberge bei Akalkalaki. — Am Süd-Ende dieser imposanten Reihe tritt die meridiane Wasserscheide etwas gegen Osten hervor und setzt in rein südlicher Richtung bis zu den trachytischen Erhebungssystemen Agri-Kar (41° 15′ 50″ long. 61° 35′ 16″ = 10020 e. F.) und Tschüsch-Täppä fort. Von diesem Gipfel an, in den vulkanischen Abotz-Bergen[1]) eine noch etwas südöstlichere Richtung verfolgend, bildet die Wasserscheide, vom nicht vulkanischen Ag-Lagan 40° 58′ 43″ lat. 61° 47′ 4″ long. 10000 engl. F. beginnend, den eigentlichen östlichen Anfangspunkt der Besobdalkette an dem Ostrande der Hochebne von Alexandropol; weiter südlich trifft die Wasserscheide die Pambakkette in der Porphyrkuppe Delaglar und berührt in grader Richtung den doleritischen Eruptionskegel Golgeta 7580 e. F. und den Gipfel des Alagez in 40° 31′ 29″ lat. 61° 51′ 31″ long.

Die geodaetische Lage der vulkanischen Erhebungsachse der Systeme Abul, Agri-Kar und Tschüsch-Täppä giebt die Linie, welche vom Godorebi über den kleinen Abul bis zum doleritischen Karaul-Täppä verlängert wird, der demselben Breitengrade der Besobdalkette angehört:

Karaul-Täppä 40° 54′ 28″ lat. 61° 31′ 0″ long. $B' = 167° 14′ 50″$ absol. H. = 10470 e. F.
Godorebi 41° 27′ 54″ » 61° 20′ 53″ » $A = 167° 8′ 10″$

Die Orientirung dieser Linie *c.* von 8,5 geogr. M. Länge ist N. 12° 43′ 33″ W.

Einen nahe gleichen Ausdruck für die Lage dieser meridionalen Achse giebt die Verbindungslinie zwischen den Gipfeln des:

1. Ararat 39° 42′ 11″ lat. 61° 57′ 43″ long. $B' = 175° 28′ 2″$ absol. H. = 16940 e. F.
2. Alagez 40° 31′ 29″ » 61° 51′ 31″ » $\left\{\begin{matrix} A = 175° 24′ 2″ \\ B' = 172° 58′ 4″ \end{matrix}\right\}$ » » = 13490 —
3. Ag-Lagan 40° 58′ 43″ » 61° 47′ 4″ » $A = 172° 55′ 9″$ » » = 10020 —

Die Richtungslinie zwischen 1. und 2. ist hiernach N. 4° 33′ 48″ W. mit einem Werthe von 14,87 geogr. M. für *c.* Dieselbe Linie ist für 2 und 3 mit einer Länge von 6,86 geogr. M. = N. 7° 3′ 29″ W. orientirt. Die mittlere Directionslinie zwischen 1. und 3. ist mit 21,73 geogr. M. für *c.* = N. 5° 48′ 38″ W.

Die Linie welche den Dolerit-Kegel Karaul-Täppä 40° 54′ 28″ lat. 61° 31′ 0″ und den aus Obsidian und Perlstein gebildeten Bogutly 40° 22′ 39″ lat. 61° 26′ 57″ long. 9669 e. F. am westlichen Fusse des Alagez verbindet, giebt für die mittlere Richtung des Arpatschai-Laufes nach $B' = 5° 32′ 20″$ und $A = 5° 29′ 42″$ N. 5° 31′ W. Dieser Fluss durchschneidet längs der türkischen Gränze im tiefen Felsenthale ein Terrain, welches ausschliesslich aus basaltischen und doleritischen horizontal über einander gelagerten Lavaschichten gebildet ist und zum Theil von mächtigen Trachyttufbildungen bedeckt wird.

Der Bogutly unter gleicher Breite mit dem Saganly-Dagh[2]) nimmt eine mittlere Stellung zwischen dem Alagez und dem trachytischen Doppelsystem der Aladja Berge 40° 30′ 46″ lat. 61° 4′ 45″ long. und 40° 27′ 25″ lat. 61° 6′ 42″ long. 8897 engl. F. auf der rechten Seite des Arpatschai ein.

1) Description géographique de la Géorgie l. c. pag. 147.
2) Ritters Erdkunde. Tom X, pag. 400 — 407.

Ein anderes vulkanisches Massengebirge, dessen Hauptgipfel sich nahe in ein und demselben Meridian aneinander reihen, bietet das System der folgenden, Obsidian und Bimmstein reichen Trachyt Dome des *Saganly-Dagh* dar:

1. Alla-Geduk 40° 34′ 14″ lat. 60° 11′ 41″ long. $B' = 3° 35' 25''$ absol. H. = 7988 e. F.
2. Eschack-Meidan 40° 28′ 27″ » 60° 10′ 50″ » 8421 —
3. Kumri 40° 24′ 57″ » 60° 10′ 31″ » 9380 —
4. Surp-Chatsch 40° 13′ 13″ » 60° 9′ 41″ » $A = 3° 33' 53''$ » » = 9575 —

Die 5 . 19 geographische Meilen lange Achse dieser Reihe ist diesen Elementen zu Folge N. 3° 34′ 29″ O. orientirt. Der Hochrücken der diese *Reihenvulkane* trägt, bildet den südlichen Anfang einer Wasserscheide zwischen den Flussgebieten des Kur und Araxes einer Seits und des Tschorok andrer Seits. Es nimmt diese Wasserscheide im Tigma-Dagh den hohen und steil abstürzenden Westrand der Plateaus von Kars und Ardahan in sich auf und rückt ohne Unterbrechung durch den vulkanischen Arzian-Dagh, Telill und Pozchow-Dagh bis zu den achalzik-imeretinischen Gränzgebirgen zwischen Peranga und dem trachytischen Persath hinauf.

Die mittlere Richtung dieser Wasserscheide, sehr genau bestimmt durch die Lage:

des Telill 41° 35′ 7″ lat. 60° 15′ 33″ long. $B' = 3° 7' 30''$ 8220 engl. F.
des Surp-Chatsch 40° 13′ 13″ » 60° 9′ 41″ » $A = 3° 3' 39''$ 9575 —

ist auf eine Erstreckung von 20,55 geogr. M. = N. 3° 6′ O. Eine nördliche Verlängerung dieser Linie trifft sehr nahe den Elburuz 60° 6′ 6″ long. Die südliche Verlängerung dagegen scheint den Sypan-Dagh, am Vansee zu tangiren, dessen geodaetische Lage indessen noch durch keine genaue Messung verbürgt ist.

Oestlich vom Alagez und Ararat erhalten die Parallelen der Meridianrichtung als Achsen vulkanischer Reihenerhebungen noch zweimal ein hervorragendes orographisches Gewicht. — Eine dieser Parallelen bildet die Scheitellinie des *Plateaus von Agmangan*, und verbindet die Obsidian- und Glasberge Bos-Dagh und Ag-Dagh wie die Dolerit-Kegel Kanly-Göll und Agmangan[1]); die andere entspricht der *Zone kegelförmiger Trachyterhebungen* des Dary-Dagh, Ylanly, Alindja, Kuki-Dagh und Gök-Dagh, welche die Steinsalzmulde von Nachitschevan durchbrechen.

Grösser ist die physikalisch-geographische Bedeutung einer meridianen Wasserscheide zwischen dem caspischen Meere und dem persischen Meerbusen. Sie beginnt im Süden des Ararat, in den ausgedehnten vulkanischen Plateauerhebungen der türkisch-persischen Wüstengränze[2]) zwischen den Alpenseen von Van und Urmia und geht vom 11000 Fuss hohen Erlan oder Avrin-Dagh[3]) durch dass 7000 Fuss hohe Plateau von Ali-Baug[4]), in den Bergknoten des kurdistanischen Alpenlandes, wie in die Gebirgskette von Luristan über.

Die mittlere Richtung dieses meridionalen Massengebirgszuges fällt in die südöstliche Ver-

1) Dubois l. c. T. III, p. 310.
2) Ritters Erdkunde T. IX, p. 923.
3) Bulletin physico-mathem. Tom XV. Nr. 22. pag. 349.
4) Ritters Erdkunde. IX. pag. 641.

längerung der Linie, welche Alagez und Ararat verbindet und befiindet sich somit nur in geringer östlicher Entfernung vom Meridian 62° 10′ 55″ des Kazbek.

Es ergiebt sich aus dem Vorhergegangenen, dass sämmtliche Erhebungssysteme welche auf dem Isthmus zwischen dem caspischen und schwarzen Meere, innerbalb der Meridianrichtung orographisch gestaltend gewirkt haben, mit parallelen aber alternirenden Achsenverhältnissen, einer Zone angehören welche durch die Meridiane des Kazbek und Elburuz begränzt wird. Eigenthümlichkeiten dieser Zone sind, dass die maxima der absoluten Massenerhebungen Klein-Asiens und Armeniens von ihr eingeschlossen werden und die Gebiete der intensivsten vulkanischen Wirkungen sich auf ihr befinden. Von vorzüglicher physikalischer Bedeutung ist der Umstand, dass die Wasserscheide zwischen dem caspischen und schwarzen Meere nicht allein im Süden des Kaukasus mit dieser Zone zusammenfällt, sondern dass dieselbe auch nördlich von diesem Gebirge bis zum 57° der Breite in der Richtung von SSW. — NNO. also parallel mit der Erhebung in Wirksamkeit bleibt, welche das Plateau des Ust-Urt auf dem truchmenischen Isthmus mit dem Bergknoten von Guberlinsk in Verbindung bringt[1]). Wichtige und entscheidende geognostische[2]) und stratigraphische Thatsachen, welchen auch das Vorkommen des Tschernosjom auf den Höhen des Tafelberges Temnolesk zugehört fordern die Annahme, dass es eine verhältnissmässig sehr junge Periode war, in welcher jenes Ensemble von Meridianerhebungen durch eine mächtige, gleichmässig und gleichzeitig wirkende Ursache hervorgebracht worden ist, welche in verhältnissmässig schmaler Zone ein ganzes System von latitudinalen Gebirgsketten der verschiedenartigsten Höhe, Ausdehnung und mineralogischen Zusammensetzung quer durchsetzt und noch weit über dasselbe hinaus gewirkt haben.

Die in dem Vorstehenden betrachteten alternirenden Meridian-Erhebungen zeigen in ihrem transversalen Verhältnisse zu der vorherrschenden latitudinalen Richtung des kleinasiatischen Taurus und dessen zahlreichen Parallel-Erhebungen auf dem kaukasischen Isthmus, eine ähnliche geologische Bedeutung, wie die vier grossen alternirenden Meridianketten der Ghates, des Soliman, Bolor und Ural in ihrem rechtwinklichen Verhältnisse zu den Parellel-Erhebungen des Kuenlun, Hindu-Kuh, Ghiaur-Dagh, für Central-Asien besitzen.[3])

In dem Vorhandensein dieser sich rechtwinklich durchschneidenden Gebirgsketten erkennt A. v. Humboldt die beiden hervorragendesten Züge in dem Gesammtrelief des asiatischen Continents[4]).

Mit Rücksicht auf die Häufigkeit der Erhebungs- und Gebirgssysteme, welche von dem Anbeginne der palaeozoischen Zeit bis zur Gegenwart, mehr oder minder nahe, der Meridianrichtung folgend, durch Beaumont[5]), d'Orbigny[6]), Pissis[7]), Marcou[8]), für Europa und Amerika

1) Asie centrale T. I, p. 430.
2) Bulletin phisico-mathem. Tom XIII, pag. 355.
3) Asie centrale. Tom I, pag. 413.
4) Asie centrale T. I, p. 414.
5) Beaumont notice sur les systèmes de montagnes T. I — III. Paris 1852.
6) Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences T. XVII, p. 28 et 379.
7) Comptes rendus T. XVII, p. 28.
8) Esquisse d'une classification des chaines de montagnes d'une partie de l'Amerique du Nord p. J. Marcou 1855. Annales des mines T. VII, p. 329.

erkannt worden sind, wird es wahrscheinlich dass innerhalb der Zone der kaukasischen Meridianerhebungen mehrere von den in anderen Ländern als selbstständig aufgefassten Bruch- und Aufrichtungssystemen der Schichten von Süd nach Nord repräsentirt sind. Den möglichen Parallelwirkungen der Systeme von Corsica und Sardinien, des Tenarus und der Anden[1]) würde hier vorzugsweise nachzuforschen und eine Untersuchung der synchronischen Beziehungen der erloschenen Vulkane des armenischen Hochlandes wie des Kaukasus mit denjenigen anderer Erdtheile hiermit in Verbindung zu bringen sein.

Die Erhebungsrichtungen in Nord-Persien.

Schon in dem Vorhergehenden ist der geologischen Bedeutung gedacht worden, welches das nördliche Randgebirge des eigentlichen Plateau von Iran als ein Hauptglied in der grossen zusammenhängenden Kettenzone besitzt, auf deren, den Alten wohlbekannter physikalischer Natur die Vorstellung der alexandrinischen Schule von dem berühmten Theiler[2]) der gesammten Erdoberfläche, dem Diaphragma des Dicearch beruht, welcher von den Säulen des Hercules, durch Sardinien, Sicilien, den Peloponnes, Jonien, Cilicien, durch den Taurus bis zum Imaus reichte.

Der Begriff von der grossen Erhebungsachse der alten Welt in der Richtung von Ost nach West, welche im Gewande der poetischen Geologie der Inder naturgemäss als eine Zone von Parallelerhebungen von Ost nach West erscheint[3]), findet hier einen Ausdruck, dessen geologische Bedeutung der Umstand nicht verringert, dass diese grosse Zone mannigfaltig individualisirte und verlängerte, tafelartige Massengebirge in sich aufnehmender Gebirgsketten, der strengen Vorstellung eines Parallel von Rhodes entgegen, weder gradlinig, noch als einfacher Gebirgszug verläuft. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass es die westliche Verlängerung das Kuenlun und nicht etwa des Himalajah ist, welche im Westen des Bolor den indischen Kaukasus durch einen nördlichen und südlichen Hindu-Koh begründen[4]) und dass somit die Gebirgsketten der Ghaur so wie die von Herat, Mesched, Kabuschan bis zum Elburuz, als eine westliche Fortsetzung des Paropamisus in der That *die mittlere Richtung des Kuenlun* in den Taurus überführen. Diesem Verhältnisse unbeschadet ist der znsammengesetzte Charakter jener nördlichen Randgebirge des Plateau von Iran aus Parallelzonen nach drei verschiedenen Erhebungsrichtungen[5]) nicht minder gewiss, als sich die Combination zweier Hauptrichtungen innerhalb der gradlinig von SO.-NW. fortschreitenden mittleren Achse des kaukasischen Gebirges gezeigt hat.

---

1) Beaumont l. c. T. I, p. 468. T. II, p. 586. T. III, p. 758.
2) Asie centrale T. I, p. 120. Strabo XI, p. 519. II, p. 68 und 129. XV, p. 985.
3) Asie centrale T. I, p. 118.
4) Asie centrale T. I, p. 126 und die Karte.
5) Asie centrale T. II, p. 430. Wood travels p. 402.

Die Ketten und Tafelzonen, welche das nordpersische Randgebirge zusammensetzen, gliedern sich nach

1. Erhebungrrichtungen von O.-W.
2. Erhebungsrichtungen von SW.-NO.
3. Erhebungsrichtungen von SO.-NW.

Die astronomischen Ortsbestimmungen[1]) und topographischen Aufnahmen, welche durch Hrn. Oberst Lemm auf einer sehr ergebnissreichen Reise durch Khorassan im Jahre 1838 ausgeführt worden sind, geben die sicheren Elemente um wenigstens für die Grundzüge dieser wichtigen orographischen Verhältnisse sehr annäherende numerische Ausdrücke zu gewinnen. Die astronomischen Beobachtungen, durch welche jene Elemente erhalten worden sind, beziehen sich nur auf eine sehr genau bestimmte Marschroute nicht aber auf hervorragende Gipfel in der *ligne de faite* der Gebirgsketten. Nichts desto weniger sind aber solche kartographisch verzeichnete Gipfel für die Bestimmung der Richtung der Ketten doch im hohen Grade werthvoll, da sich die Aufnahme continuirlich entweder innerhalb der Achse der Längenthäler oder am Fusse der Bergketten parallel ihrer Längenrichtung fortbewegte und auf geographische Fixirung aller nur einigermassen hervorragenden Berghöhen durch Winkelmessungen während der Wanderung stete Rücksicht genommen worden ist.

Die Operationen des Herrn Lemm verfolgen von Teheran 3815 engl. F.[2]) bis Deh-Nimek 2481 eine südöstlicheRichtung und gehen dann über Lasgird 4060, Aguwan 4879, Damgan 3842 bis Schach-Rud 4453 eng. F. in eine nordwestliche über. Auf eine Erstreckung von nahe fünf Längengraden verharrt die Marschroute in nahe ostwestlicher Richtung über Meiomid 3608, Abas-Abad 2959, Mihr 3276, Hussein-Abad 3243, Nischapur 4010 bis Mesched 3053 engl. F., wendet sich dann nordwestlich gradlinig über Dsun-Abad 3670, Seidan 3727, Kabuschan 4114, nach Schirwan 3454; biegt in WNW. nach Budschnurd 3390 ein und kehrt dann in südwestlicher Richtung über Firuse 4153, Tawar 4548, Choroscho 3272, Dschadscherm 3043, Ri-Abad 3312 e. F., wieder nach Schach-Rud zurück, um über Bostam 4556, Todsches 7364, durch das Ketulthal über die Passhöhe von 7747 e. F., nach Astara-Abad 69 e. F. hinabzusteigen. Das auf jenem Wege sehr scharf begränzte Areal hat die Form eines gleichschenkligen stumpfwinkligen Dreiecks, dessen Basis, nahe von Ost nach West mit einer kleinen Abweichung nach Süd alignirt, durch die Endpunkte Schach-Rud und Mesched geodaetisch fixirt ist.

Der innere Raum dieses Dreiecks, dessen Scheitelpunkt die Lage von Budschnurd bezeichnet, nimmt die terra incognita des hohen Berglandes von Djordjan[3]) und Tabaristan ein, wel-

1) Статистическое Обозрѣніе Персіи составленное Генераломъ Бларамбергомъ въ 1841 году, pag. 329 — 331. Allen Längen-Angaben liegt hier die Entfernung der Insel Ferro vom Meridian von Paris zu 20° 5′ 50″ zum Grunde. — Résultats géographiques du voyage en Perse par le Lieutenant-Colonel Lemm en 1838 et 1839. Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg VI^me^ série sciences mathém. et physiques Tom V, pag. 407.

2) Sämmtliche Höhenangaben nach den barometischen Bestimmungen von H. Lemm. Supplement du mémoire sur le voyage de M. Lemm en Perse par M. O. Struve l. c. pag. 428.

3) Unter den modernen Namen Tabaristan und Daghestan. — Das Land der alten Barkanier bei Steph. Byzanz und Q. Curtius III, c. 2. Ritters Erdkunde T. VIII, p. 61.

ches sich auf einer Basis erhebt, deren Niveau durch das arithmetische Mittel der entsprechenden absoluten Höhen der angeführten Orte zu 3718 e. F. approximativ zu bestimmen ist. Gegen Süden durch das Dschaggetai-Gebirge begränzt, gewinnt dieses Hochland in der Nordhälfte des Dreiecks durch das Zusammentreten der den beiden Erhebungsrichtungen SO.-NW. und SW.-NO.-zugehörigen Ketten die Bedeutung eines Bergknotens, der eine sehr zusammengesetzte und wilde Gebirgsnatur verräth und die grössesten absoluten Erhebungen des nördlichen iranischen Randgebirges einzuschliessen scheint[1]).

1. Erhebungsrichtungen von Ost nach West.

Die vortrefflichen topographischen Entwürfe des Herrn Oberst Lemm von dem Verlaufe des nördlichen Randgebirges des persischen Plateaus von Teheran bis Mesched stellen den durchgreifenden Einfluss, den die Erhebungsparallelen von Ost nach West auch auf diesem ganzen Raume ausgeübt haben, ausser Zweifel. Höchstwahrscheinlich ist der ostwestliche Verlauf der Elburuzkette zwischen den Meridianen von Teheran 69° 17′ 50″ und den Orten Ali-Abad 70° 42′ und Arferudbar 70° 54′ im senkrecht auf die Gebirgsachse gerichteten Talar-Thale[2]). Elemente für eine angenäherte Bestimmung der Richtung dieses Theils der Kammregion geben zwei Gipfelpunkte der Kette, welche in nahe gleicher östlicher und westlicher Entfernung vom Demavend liegen, der sich dem Elburuz des Kaukasus vergleichbar, nicht innerhalb der Achse des Gebirgskammes, sondern nördlich von derselben isolirt zu erheben scheint.

1. Der östliche Gipfel 35° 47′ lat. 70° 54′ long. $B' = 94°\ 7''$
2. Der Demavend 35° 56′ 30″ » 69° 55′ »
3. Der westliche Gipfel 35° 52′ » 69° 18′ » $A = 93°\ 11''$

Die Linie welche die Gipfel 1 und 2 verbindet, hat somit eine Länge von 19,75 geogr. Meilen und orientirt den fraglichen Theil des Gebirgskammes O. 3° 39′ S.

Eine zweite Ostwest-Parallele scheint vom Meridian von Astara-Abad 72° 19′ 5″ bis zu dem von Ri-Abad 73° 42′ 35″ in Wirksamkeit zu treten. Ihre Orientirung vermittelt ein in der Kammregion des Gebirges nahe dem Passe zwischen Todsches und Kusluk gelegener Höhenpunkt α im obern Ketulthale und ein zweiter 8 Minuten nördlich von Riabad β.

α. = 36° 42′ lat. 72° 26′ long. $B' = 95°\ 56'$
β. = 36° 48′ » 73° 43′ » $A = 95°\ 10'$

das Glied der Kammlinie, welches diese Elemente fixiren, besitzt eine Länge von 15,5 geogr. Meilen und folgt der Richtung O. 5° 33′ N.

Die cartographischen Aufnahmen durch Hr. Oberst Lemm, der von Truilhier[3]) und Fraser beschriebenen Ostroute der Caravanen auf dem flachen Tafellande von Teheran nach Mesched durch die nur sanften Einsenkungen äusserst flacher Längenthäler folgend, zeigen das Durchgehen ostwestlicher Parallelerhebungen auch innerhalb der südlichsten Vorketten des Gebirges

1) Fraser narrative in geographical Sketch of Corassan p. 249—251, p. 557—584. Burnes travels II, 89—113.
2) Ritters Erdkunde VIII, p. 479—497.
3) Capitaine Truilbier mémoire descriptif im Bulletin de la soc. géogr. de Paris 1838. T. IX, pag. 109—137.

bis zum Meridian von Schach-Rud. Sehr bestimmt äussert sich dieser Einfluss in der Richtung zweier Parallellinien, von welchen die nördliche durch die Lage von:

Aguwan 35° 46′ 15″ lat. 71° 38′ 35″ long. $B' = 87° 55′ 16″$ absol. H. = 4879 e. F.
Teheran 35° 40′ 44″ » 69° 17′ 50″ » $A = 86° 33′ 5″$ » » = 3815 —

auf 28,60 geogr. Meilen Länge O. 2° 46′ N. orientirt ist. Die südliche, durch die Lage der Orte:

Lasgird 35° 23′ 42″ lat. 71° 0′ 50″ long. $B' = 86° 39′ 36″$ absol. H. = 4060 e. F.
Aiwoni i Këif 35° 20′ 24″ » 69° 57′ 20″ » $A = 86° 2′ 51″$ » » = 3516 —

bestimmt, folgt auf 12,97 geogr. Meilen der Richtung O. 3° 18′ N. Das Durchschnittsverhältniss in dem sich diese Ostwestzüge zu den von SW. - NO. gerichteten Parallelerhebungen des nördlichen Randgebirges von Iran befinden, tritt hier in einen unverkennbaren Zusammenhang mit der Existenz der wichtigsten Pässe von historischer Bedeutung. Dahin gehören der Doppelpass der Ahiyun-Passage bei Aguwan [1]), die Berg-Passage bei Lasgird [2]) am Salzstrom der die Gränze zwischen Irak in Westen und Khorasan im Osten bildet und die über Steinsalz-Felsen führenden Syrdar-Pässe [3]), die *wahren* Pylae Caspiae der Alten. Das noch weitere Fortwirken der beiden, an den drei genannten Durchschnittspunkten im stumpfen Winkel zusammentretenden Normaldirektionen von O.-W. und SW.-NO. ist in den Höhenzügen zu erkennen, welche häufigen Unterbrechungen unbeschadet, genau nach den entsprechenden Richtungen Ost nach West und Südwest nach Nordost in Mitten der Salzwüste isolirte Gebirgspartieen von grösserer und geringerer Bedeutung bilden.

Auch der Südrand des weiten Plateaugebietes, dem das hohe Gebirgsland des kurdischen Tabaristan oder Daghestan [4]) im Norden vorliegt, wird nach Lemm durch eine mehrfach unterbrochene Kettenzone gebildet. In der westlichen Hälfte dieser Zone treten zahlreiche isolirte Gebirgsglieder als Theile unverkennbar früher zusammenhängender, aber verschiedenen Erhebungssystemen angehörender Ketten in das Verhältniss linearer Aneinanderrückung in der Richtung der Basis des vorerwähnten Dreiecks. Inselartig erheben sich diese Gruppen, aus der Hochebene am Rande der Salzwüste, und dehnen ihre Verzweigungen mit der constanten, dem jedesmaligen Systeme zukommenden Längendirection Vorgebirgs- und Halbinselnartig weit in die Salzsteppe hinaus.

Den grössten Theil der Osthälfte der in Rede stehenden Zone nimmt das Khu Juggetai oder Dschaggetai [5]) Gebirge zwischen Mezinan 21 Minuten westlich von Mihr 36° 11′ 8″ lat. und 74° 57′ 50″ long. und Sengi 36° 11′ 56″ lat. 76° 13′ 35″ long. ein. Der physiognomische Eindruck den die Gebirgsnatur aller chorassanischen Vorketten im Norden der Salzwüste bis Herat mit ihren meistentheils flachen Hochthälern hervorbringt, führt die Parallelzüge der

1) Ritters Erdkunde Tom. VIII, pag. 461.
2) Ritters Erdkunde Tom. VIII, pag. 458.
3) Ritters Erdkunde Tom. VIII, pag. 451.
4) Ritters Erdkunde VIII, 341.
5) Ritters Erdkunde T. VIII, pg. 331.

schweizer Juraketten, ihre Längenthäler und Comben mit kurzen Querdurchbrüchen und spaltenartigen Querthälern vor die Erinnerung[1]) Diese Formenverhältnisse welche die classichen Arbeiten von Thurmann[2]) und Gresley[3]) auf das gründlichste analysirt haben, sind geeignet die Vorstellung von geognostischen Zuständen in Khorassan rege zu machen, die ihre Analogieen vorzüglich im secundären Gebirge haben, aber mit speciellem Hinblick auf die kaukasische und armenische Gebirgswelt die Schichten der Nummuliten-Gruppe von einer Theilnahme an diesen Gebirgsverhältnissen nicht ausschliessen dürfen. Aus gleichen Gründen scheinen die bunten Sandsteine mit ihren gypsreichen Steinsalz einschliessenden rothen Mergeln, welche die äussersten Vorketten von Tabaristan zusammensetzen[4]), die in ununterbrochenen Zügen von Schach-Rud bis Herat den Nordrand der Salzwüste umsäumen, auf tertiäre Verhältnisse zu deuten, wie sie die Epoche der Ophiteruptionen mit den an sie geknüpften Nebenerscheinungen im Westen Europas, zumal in Spanien so eigenthümlich charakterisirt hat[5]). Verhältnisse, deren stratigraphische und orographische Züge die ganze Westhälfte des mediterranen Bassins beherrschen und auf deren wahrscheinlichen Zusammenhang mit analogen Erscheinungen in Klein-Asien und Armenien von mir zu verschiedenen Malen hingewiesen worden ist.[6])

Mit Rücksicht auf die pag. 388 bereits gemachten Bemerkungen findet die mittlere Richtung der Ketten und Tafelzonen, welche den Südrand des Plateaus von Tabaristan oder des kurdischen Daghestan zusammensetzen, einen hinreichend genauen Ausdruck in der geodaetischen Linie, welche die zahlreichen Orte auf der Route von Schach-Rud nach Mesched miteinander verbindet, deren Lage durch Lemm astronomisch bestimmt worden ist.

Die Positionen, welche für diesen Zweck am geeignetesten erscheinen, betreffen folgende Orte:

1. Schach-Rud	36° 25′ 13″	lat.	72° 51′ 35″	long.	absol.	H.	=	4453 e. F.
2. Abas-Abad	36° 22′ 0″	»	74° 13′ 20″	»	»	»	=	2959 —
3. Mihr	36° 17′ 8″	»	74° 57′ 50″	»	»	»	=	3276 —
4. Sebsewar	36° 12′ 29″	»	75″ 29′ 35″	»	»	»	=	3083 —
5. Kadamga	36° 6′ 21″	»	76° 54′ 5″	»	»	»	=	4319 —
6. Scherif-Abad	36° 1′ 47″	»	77° 20′ 50″	»	»	»	=	4767 —

Als Directionselemente haben die relative Entfernung und die Lage der folgenden Orte gedient:

1 : 2 nach	B' = 93° 12′ 39″	A = 92° 23′ 39″	= 16,5	geogr.	M.	=	W. 2° 48′ N.
2 : 4 »	B' = 99° 10′ 39″	A = 98° 25′ 31″	= 15,5	»	»	=	W. 8° 48′ N.
3 : 4 »	B' = 97° 20′ 4″	A = 96° 14′ 39″	= 22,6	»	»	=	W. 6° 47′ N.

durch directe Verbindung von 1 und 6 ergiebt sich für die gesuchte Directionslinie: nach B'

1) Fraser narrative of a Journey into Khorassan pg. 249.

2) Thurman, Essay sur les soulèvements du Porrentruy 1832.

3) Gresley, Observations sur le Jura Soleurois. Nouveaux mémoires de la societé helvétique Tom. V. 1841.

4) Ritters Erdkunde T. VIII, pg. 452. I. 17 Fraser geological observations in App. l. c. pg. 342.

5) Elie de Beaumont l. c. pg. 570, T. II.

6) Ueber die geologische Stellung des Steinsalzes im russ. Armenien. Mémoires de l'Académie de St.-Pétersbourg. Tom. VII. und Bulletin de la classe physico-mathém. Tom VIII. pag. 341.

$= 97°28'51''$ und $A = 94°49'41''$ die Orientirung = W. 6° 9′ N. mit dem Werthe von 54,6 geogr. M. für *c*.

Eine genauere und specielle Bestimmung der Richtungselemente α und β für das Dschaggatai-Gebirge garantiren zwei geodaetisch orientirte Gipfelpunkte, die am West- und Ostende des Gebirgszuges eine dominirende Stellung einnehmen.

Der westliche, einem hohen kegelförmigen Berge angehörige Gipfel erhebt sich nördlich von der Route zwischen Mesinan und Meer in 10 Minuten westlicher Entfernung vom Meridian des letzteren Ortes. Der östliche Gipfel dagegen liegt einige Grad östlich vom Meridian von Hussein-Abad 36° 11′ 16″ lat. 75° 45′ 5″ long.

Aus der Lage des Ost-Gipfels 36° 19′ lat. 75° 52′ long. B' 101° 28′
des West-Gipfels 36° 29′ - 74° 49′ - A 100° 51′

ist die mittlere Richtung des Dschaggatai-Gebirges auf eine Längenausdehnung von 12,9 geographische Meilen W. 11° 9′ N. abzuleiten.

Es liegt nahe die Angaben Frasers[1]) von bedeutenden Obsidian-Lagern die er in der Nähe der uralten Ruinen-Stadt bei Mesinan unter dem Sand- und Thonboden entdeckte, mit einem westlichen Gipfel des nahen Gebirges in Beziehung zu bringen und die Lage eines erloschenen trachytischen Eruptionssystems daselbst vorauszusetzen, von dem bedeutende Obsidianströme ähnlicher Art und Bedeutung ausgegangen sein mögen, wie sie dem schönen Eruptionskegel des Kiotan-Dagh an der Peripherie des vulkanischen Agmangan-Plateaus nördlich von Erivan in reicher Fülle entströmt sind.

Mit Rücksicht auf den Hauptzweck der bisher verfolgten Untersuchungen verdienen unter den Gebirgsinseln, welche mit hohen Gipfeln und Domartigen Berggestalten ausgestattet, südlich von dem vorerwähnten Randgebirge der Salzwüste in der letzteren zerstreut liegen, diejenigen eine besondere Aufmerksamkeit, für welche das Verhältniss linearer Stellung parallel mit den Breitengraden nachzuweisen ist.

In dieser Beziehung ist eine sehr hohe und umfangreiche Bergerhebung von grosser Bedeutung, die genau im Meridiane von Sebsevar in 20 Minuten südlicher Entfernung von letzterem Orte die horizontale Fläche der Salzwüste auf eine imposante Weise überragt und auf der Karte von Lemm den Namen Kuchmisch trägt. Zwei seitliche Fortsetzungen dieses Massengegebirges mit domförmig gestalteten Gipfeln erstrecken sich von demselben in divergirenden Richtungen, die eine gegen Südost, die andere gegen Südwest (Kuchmisch 35° 56′ lat. 75° 26′ 36″ long. Südwestlicher Höhenpunkt 35° 30′ lat. 44° 31′ 50″ long.) Da der Kuchmisch genau in der geographischen Breite des Demavend und zwar 75° 26 in östlicher Länge liegt, so ist seine Entfernung von diesem Trachytkegel 67,25 geogr. M.

2. Erhebungsrichtungen von Südwest nach Nordost.

So wenig auch die Mitwirkung von Ostwesterhebungen in der Gliederung des Elburuzgebirges zu verkennen ist, so wird die Hauptrichtung der östlichen Fortsetzung desselben als

1) Ritters Erdkunde T. VIII, pg. 333. Fraser narrat. p. 371.

nordwestliches Randgebirge von Tabaristan und Kabuschan doch auf eine nicht minder bestimmte Weise durch die grossen Parallelerhebungen von SW.-NO. bedingt, welche dieses Gebirge in seiner ganzen Ausdehnung von Bedescht und Schach-Rud an ausschliesslich zusammensetzen. In dieser nördlichen Hälfte besitzt das Gebirge einen Hauptkamm, welcher von keiner Querthalspaltung durchbrochen, eine geschlossene Wasserscheide zwischen dem hohen Tafellande und den nördlichen Vorketten vermittelt.

Den bereits oben gegebenen Andeutungen gemäss, wird die Hauptrichtung dieser Parallel-Erhebungen von SW.-NO. durch die Marschroute ausgedrückt, deren nördliche Hälfte als der westliche Schenkel des pag. 390 näher bezeichneten Dreiecks zu betrachten ist.

Die Orte, welche auf dieser Directionslinie durch Lemm bestimmt worden, sind von Südwest nach Nordost gezählt, die folgenden:

1. Lasgird	35° 23′ 42″ lat.	71° 0′ 50″ long.	= 4060	e. F.
2. Szemnan	35° 34′ 4″ »	71° 18′ 50″ »	= 3721	—
3. Aguwan	35° 46′ 15″ »	71° 38′ 35″ »	= 3516	—
4. Doblet-Abad	36° 4′ 37″ »	72° 3′ 35″ »	= 3821	—
5. Damgan	36° 9′ 52″ »	72° 14′ 5″ »	= 3842	—
6. Deh-Mulla	36° 16′ 9″ »	72° 38′ 5″ »	= 3794	—
7. Schach-Rud	36° 25′ 13″ »	72° 51′ 35″ »	= 4453	—
8. Bostam	36° 29′ 20″ »	72° 54′ 5″ »	= 4556	—
9. Bedescht	36° 25′ 35″ »	72° 55′ 35″ »	— 4245	—
10. Megges	36° 36′ 27″ »	73° 17′ 50″ »	= 3990	—
11. Ri-Abad	36° 42′ 10″ »	73° 42′ 35″ »	= 3312	—
12. Djodjerm	36° 57′ 24″ »	74° 16′ 35″ »	= 3043	—
13. Churscho	37° 6′ 55″ »	74° 31′ 50″ »	= 3272	—
14. Tawar	37° 18′ 27″ »	74° 46′ 35″ »	= 4558	—
15. Firuse	37° 21′ 35″ »	75° 7′ 50″ »	= 4153	—
16. Budschnurd	37° 29′ 13″ »	75° 12′ 35″ »	= 3390	—

Die in diesen Angaben enthaltenen, 16 Glieder bildenden Richtungselemente auf 3 Gruppen gebracht, geben die Längen der einer jeden derselben zukommenden Directionslinien, wie folgt:

I. 1 : 9 nach $B' = 56° 54' 23''$ und A 55° 47′ 4″ W. 33° 39′ 17″ S. $c. = 27{,}91$ geogr. M.
II. 9 : 12 » $B' = 64° 18' 22''$ » A 63° 29′ 59″ W. 26° 5′ 50″ S. $c. = 18{,}08$ » »
III. 12 : 16 » $B' = 54° 46' 31''$ » A 54° 12′ 39″ W. 35° 27′ 25″ S. $c. = 13{,}70$ » »

Nach Maassgabe dieser drei Gruppen erhält die mittlere Richtung auf eine Länge von 59,69 geogr. M. für $c.$ den Ausdruck W. 31° 44′ S.

Sollen die Directionen der Theile der Gebirgsachse, die den einzelnen Linien I. II. und III. parallel liegen mit Hülfe geographisch festgestellter Gipfelpunkte der Kammregion selbst gesucht werden, so dürfen für den der Linie I. entsprechenden Theil die folgenden, der cartographischen Skizze von Lemm entnommenen Höhenpunkte eine Anwendung finden.

Ein im Meridian von Arferudbar und Lasgird auf der rechten Seite des Talar-Thales, im Durchschnittspunkte mit der bereits pag. 392 bestimmten Verbindungslinie zwischen Theheran und Aguwan befindlicher:

Gipfel 35° 47′ lat. 70° 55′ long. $A = 57° 33'$ und der

Tscheschme-Ali 36° 18′ lat. 71° 56′ » $B' = 58° 9'$, welcher nordwestlich zwischen Doblet-Abad und Damgam emporragt.

Die Verbindungslinie zwischen beiden Bergen, deren nordöstliche Verlängerung die Passhöhe des Gebirges zwischen Todschess und Kusluk im oberen Ketulthale pag. 391 trifft, ist der Hauptrichtung des Kammes völlig entsprechend und ist mit dem Werthe von 14,5 geogr. M. für *c.* W. 32° 9′ S. orientirt.

Die Theile des nördlichen Randgebirgs-Kammes, die den Linien II. und III. der Marschroute entsprechen, liegen in grader Richtung zwischen dem bereits pag. 391 in Anwendung gekommenen, nördlich von Ri-Abad gelegenen

Gipfelpunkte $b = 36° 48'$ lat· 73° 43′ long. $A = 55° 7'$ und

dem Ala-Dagh $= 37° 21'$ » 74° 43′ » $B' = 55° 43'$

Mit diesem Namen bezeichnet der Lemmsche Karten-Entwurf einen der bedeutendesten Höhenpunkte des Alpenlandes von Kabuschan zwischen Tawar und Firuse. Der durch diese beiden Punkte begränzte Theil der Elburuzkette, folgt auf einer Länge von 14,5 geogr. M. der Richtung W. 35° 25′ S.

Die nahe Uebereinstimmung in den Werthen, welche die Hauptdirection des Gebirges nach der *ligne de faite* und nach der Marschroute am Fusse desselben ausdrücken, darf wohl als eine Bestätigung der pag. 390 gemachten Voraussetzungen gelten.

Die so eben ermittelte Richtung der nordöstlichen Elburuzkette, findet noch einmal im Süden des Dschaggetai-Gebirges eine Parallele in der südwestlichen Abzweigung des pag. 394 bezeichneten Kuchmysch, bis dahin wo dieselbe im Durchschnittspunkte mit einer anderen Kette eine Gränze findet, die dem Systeme der sogleich näher zu bezeichnenden Erhebungen angehört.

3. Erhebungsrichtungen von Südost nach Nordwest.

Dasselbe Gesetz des gradlinigen Fortschreitens hoher Parallelketten, welches die Orographie des nordwestlichen Randes des kurdischen Daghestan bestimmt, regelt auch diejenige seines nordöstlichen Randes.

Auch hier findet der mittlere Verlauf solcher Erhebungsparallelen im Sinne der Himalajah Richtung einen sehr genäherten Ausdruck in der auf folgende astronomische Ortsbestimmungen gegründeten Marschroute innerhalb der Achse des ausgedehnten und breiten Längenthales, welches zwischen den beiden Hauptketten des Randgebirges von Mesched bis Schirvan nordwestlich gerichtet ist.

1. Mesched 36° 17′ 13″ lat. 77° 28′ 35″ long. $B' = 129° 46' 12''$

2. Dsun-Abad 36° 33′ 26″ lat. 77° 8′ 5″ long.
3. Seidan 31° 45′ 6″ » 76° 50′ 5″ »
4. Beknozer 36° 54′ 5″ » 76° 35′ 20″ »
5. Kabuschan 37° 8′ 4″ » 76° 16′ 35″ »
6. Schirvan 37° 24′ 6″ » 75° 46′ 20″ » $A = 128° 44′ 53″$

Für diese Gruppe sind die Werthe für die Entfernung der Endpunkte von einander, wie für die Orientirung der dieselben verbindenden Linien wie folgt:

1 : 6 nach $B' = 129° 46′ 12″$ und $A = 128° 44′ 53″$ W. 39° 17′ N. $c. = 26{,}42$ geogr. M.

Die Bestimmung der *ligne de faite* für die der so eben zergliederten Marschroute parallel laufende südliche Kettenzone resultirt aus der Benutzung folgender Punkte, welche sämmtlich von ein und derselben graden Linie sehr nahe geschnitten werden.

1. Scherif-Abad 36° 1′ 47″ lat. 77° 20′ 50″ long. $B' = 127° 16′ 34″$ am Südrande der Kette
2. Hoher Gipfel 36° 12′ » 77° 2′ » $B' = 122° 29′$ in gleicher Breite mit Nischapur
3. ein gleicher 37° 0′ 0″ » 75° 44′ » $A = 126° 18′ 57″$ nahe d. Merid. v. Budschnurd
4. der Ala-Dagh 37° 21′ » 74° 43′ » $A = 121° 5′$ auf pag. 396 bereits benutzt.

Die Verbindungslinie zwischen 1. und 3. ist diesen Positionen gemäss mit einer Länge von 24,3 geogr. M. W. 36° 48′ N. orientirt. Die gleiche zwischen 2. und 4. dagegen W. 31° 47′ N. mit 32,75 geogr. M. für *c.* Das arithmetische Mittel giebt für 1 : 4 = W. 34° 40′ N.

Aus dem Vorhergegangenen war ersichtlich, wie der Zusammentritt der beiden Erhebungsrichtungen O-W. und SW.-NO. für den Bau des nordöstlich fortsetzenden Elburuzgebirges eine complicirte Gliederung bedingt. Von wichtiger physikalischer Bedeutung erschien die gehäufte Ostwest-Erhebungsrichtung in dem Gebirgslande Gurkans und Djordjans, dem Damie-Koh [1]) d. i. Berg-Rande der Perser; indem sie daselbst auch den Lauf der beiden parallelen Hauptflüsse des alten Hyrkaniens, Atrek und Gorgan bestimmt. Durch die von Ost nach West gerichteten Tafelzonen des nördlichen Stufenlandes werden die Einflüsse des extremen Steppen Klimas von den Thälern dieser Flusssysteme abgehalten und der ungehinderte Zutritt der wohlthätigen Einflüsse des caspischen Meeres bis in das Innere der Thäler wird durch diese Tafelzonen begünstigt.

In der Osthälfte des khorassanischen Berglandes tritt in der Lemm'schen Darstellung die Einwirkung ostwestlicher Parallelzüge, mit Ausnahme eines kleinen latitudinalen Höhenzuges in zwölf Minuten südlicher Entfernung von Scherif-Abad nicht hervor. Dagegen dringt der orographisch gestaltende Einfluss der Parallelen der Rand-Gebirgserhebung von SO.-NW. bis zu der Westseite des Hochlandes hinüber.

Die längste und bedeutendeste derartiger Paralletketten erstreckt sich von Meiamei aus. Südöstlich in die Salzwüste eingringend, erleidet dieser Zug verschiedene Unterbrechungen und durchschneidet weiter gegen Süden im Meridian des Ala-Dagh, die bereits pag. 394 erwähnte südwestliche Abzweigung des Kuchmisch. Die Richtung dieser unterbrochenen Kette ist durch die Lage der drei folgenden in grader Linie befindlichen Gipfelpunkte bestimmt:

1) Ritter's Erdkunde. T. VIII, pag. 61, 260.

1. Gipfel bei Meiamei 36° 20′ lat. 73° 31′ long. $B' = 135° 38'$
2. Gipfel östlich 36° 2′ » 73° 54′ »
3. Gipfel sudöstlich 35° 30′ » 74° 32′ » $A = 135° 3'$

Die geodaetische Orientirung dieser Kettenzone, welche zwischen 2. und 3. eine der Entfernung von 1. bis 2. beinahe gleichkommende Unterbrechung durch die Salzwüste erleidet, ist im Mittel W. 44° 20′ N. mit einem Werthe für *c.* von 17,5 geogr. M.

Eine östliche untergeordnete Parallele dieser Kette, trifft mit ihrer Achsenlinie auf die Lage von Meiandescht und endet im 36°. Grade der Breite.

Die Richtung der bereits pag. 396 berührten östlichen Abzweigung des Kuchmisch ist aus den Positionen:

Kuchmisch 35° 56′ lat. 75° 27′ long. $B' = 109° 0'$
südöstlicher Gipfel 35° 32′ » 76° 50′ » $A = 109° 12'$

auf eine Länge von 18 geogr. M. W. 19° 6′ N. abzuleiten.

Eine kleine Parallelkette in gleicher Richtung liegt diesem Zuge nördlich zwischen den Meridianen der Festung Sengi 36° 11′ 56″ lat. 76° 13′ 35″ long. und des Ortes Seidan vor.

Nachtrag zu den Erhebungen von Südwest nach Nordost im Kaukasus.

Dem befolgten Grundsatze gemäss, in dieser Uebersicht der Dislocationen und Erhebungen kein Verhältniss unberücksichtigt zu lassen, welches genaue geographische Orientirungen zu verbürgen vermag, ist hier der Beweis einer sehr bestimmten Erhebungsrichtung von SW. NO. nachzutragen, durch welche an der Basis des nördlichen Kaukasus sehr bemerkenswerthe orographische Wirkungen hervorgebracht worden sind. Den Fels-Inseln eines Archipels vergleichbar erheben sich die isolirten Berge, der Beschtau-Gruppe aus der Fläche. Zwei mineralogischen Abtheilungen angehörig, bestehen sie eines Theils aus oberen Kreideschichten mit *Inoc. Cuvieri*, anderen Theils aus einem mitunter sehr Trachyt ähnlichen Quarzporphyr mit Tombakbraunem Glimmer. Die Berücksichtigung der gegenseitigen Lage dieser Berge, wie der stratigraphischen, in sämmtlichen Gliedern bestimmt ausgedrückten Verhältnisse, lehrt die ganze Gruppe, in welcher Dubois die Trümmer eines grossen Erhebungskraters zu erkennen glaubte, als das einfache Resultat gegenseitiger Durchkreuzung von Parallelerhebungen nach den beiden Grundrichtungen von SO.-NW. und von SW. nach NO. auffassen.

Die planmässige Anordnung der Längenachsen der langgestreckten Porphyrücken des Beschtau, des Verbliud des Kumgora und Smejawa-Gora von SO.-NW. mit ihren, den Resten grosser Felsriffe vergleichbaren kleineren Parallelen, ist eben so präcis, wie die gemeinsame Lage der isolirten Kreide-Erhebungen des Maschuka, Lyssaja, Pschinskaya und Djutki-Gora auf einer südwestlichen Linie. Diese Richtung von O. 40° N. hat für den inneren Bau dieser letztgenannten Berge den Werth einer sie durchsetzenden gemeinschaftlichen antiklinalen Achse.

Durch ihre Wirkung werden ganz besonders die kegelförmigen Profile bedingt, unter welchen die beiden letztgenannten Berge vom Gipfel des Maschuka am Abhange des Gebirges auf einer Linie hintereinander erscheinen, welche den Kegel des Elburuz trifft.

Die besonders in diesem letzteren Verhältniss gegebene Andeutung einer dynamischen Beziehung jener Linie zu diesem Berge fordert dazu auf, den Ausdruck für die Erhebungsrichtung, welche hier von SW.-NO. gewirkt hat, in der geodaetischen Linie zwischen Elburuz und dem Maschuka bei Pätigorsk zu suchen.

Pätigorsk $44^\circ\ 2'\ 19$ lat. $60^\circ\ 50'\ 45''\ B' = 38^\circ\ 26'\ 23''$

Elburuz $43^\circ\ 21'\ 16$ » $60^\circ\ 6'\ 6''\ A = 37^\circ\ 55'\ 32''$

Diese Elemente bestimmen die Richtung der Linie *c.* zu N. $38^\circ\ 11'$ O., ihre Länge aber zu 13,05 geogr. M. Dieselben Kreidekalke, welche in dem Maschuka wie in dem Pschynskaja und Djutki-Gora, zwischen Pätigorsk und Kislovodsk in nordöstlicher Richtung stark dislocirt und emporgehoben worden sind, streichen am Abhange des Beschtau N. 20° W. mit einem südwestlichen Einfallen von 29° gegen den trachytischen Quarzporphyr. Der aus gleicher Felsart gebildete keilförmig emporragenden Kum-Gora richtet seine Längenachse gegen N. 30° W. Die von dieser Trachytporphyr-Kuppe durchbrochenen Kreidekalke streichen mit steilem nordwestlichen Einfallen gegen das Eruptivgestein dagegen N. 30° O.

Wollte man die hier in Rede stehende nordöstliche Erhebungachse vom Elburuz auf den Beschtau beziehen. ($44^\circ 6' 7''$ lat. und $60^\circ\ 40'\ 53''$ long.), so würde die Richtung N. $29^\circ\ 16'$ O. sein. Unverkennbar ist es übrigens, dass sowohl diese nordöstlichen Erhebungslinien von N. 38° $11'$ O. und N. $29^\circ\ 16'$ O., wie die auf pag. 384 ermittelte von N. $10^\circ\ 37'$ W. dem Charakter von Radien entsprechen, deren gemeinsamer Mittelpunkt im Elburuz, also in der grössten absoluten Massenerhebung liegt, welche zwischen dem caspischen Meere überhaupt gewirkt hat.

So bedeutend auch die Anzahl geographisch genau bestimmter Positionen ist, durch welche die Hauptverschiedenheiten in den Richtungen grösserer und kleinerer Gebirgszüge im Kaukasus, Armenien und Nord-Persien einen präcisen Ausdruck erhalten haben, so genügen dieselben doch keinesweges, um von dem grossen Reichthum und der Eigenthümlichkeit der kaukasischen und armenischen Orographie eine klare Vorstellung zu gewinnen.

Die bevorstehende Uebertragung des Triangulationsnetzes auf Imeretien, Mingrelien und Abchasien, so wie auf den nördlichen Abhang des Kaukasus lässt hoffen, vielleicht binnen Kurzem auf geometrischem Wege die Uebereinstimmung bestätigen zu können, welche sämmtliche Gebirgsgliederungen in Bezug auf den Parallelismus der Directions-Elemente α. und β. häufig auch ε. in der Richtung der vier besprochenen Normalen daselbst zeigen. Das relative geologische Gewicht, welches einer jeden der vier Erhebungsrichtungen auf dem kaukasischen Isthmus zukommt, tritt am geeignetesten in der graphischen Form einer Directionsrose hervor, zu welcher die folgende Zusammenstellung der sämmtlichen bisher ermittelten geodaetischen Linien den Uebergang bildet.

Vertheilung der vier Erhebungsrichtungen

im Kaukasus.	in Armenien.	in Nord-Persien.
1. Parallel-Erhebungen von Ost nach West.		
O. 2° 14′ S. p. 366	O. 0° 12′ S. p. 369	O. 2° 46′ N. p. 392
O. 3 6 S. p. 366	O. 1 19 S. p. 367	O. 3 18 N. p. 392
O. 10 51 S. p. 365	O. 1 53 S. p. 367	O. 3 39 S. p. 391
O. 19 13 S. p. 373	O. 2 2 S. p. 367	O. 3 58 N. p. 370
	O. 3 40 S. p. 368	O. 4 53 N. p. 370
	O. 3 53 S. p. 366	O. 5 33 N. p. 391
	O. 4 34 S. p. 366	O. 6 9 S. p. 394
	O. 4 54 S. p. 370	O. 7 57 S. p. 370
	O. 5 36 S. p. 368	O. 11 9 S. p. 391
	O. 5 57 N. p. 369	
	O. 7 14 S. p. 370	
	O. 11 56 S. p. 368	
2. Erhebungen von Südost nach Nordwest.		
O. 21° 20′ S. p. 365	O. 23° 20′ S. p. 377	O. 19° 6′ S. p. 398
O. 23 19 S. p. 373	O. 36 53 S. p. 377	O. 31 47 S. p. 397
O. 26 20 S. p. 373	O. 39 20 S. p. 378	O. 33 24 S. p. 379
O. 27 42 S. p. 373	O. 40 3 S. p. 377	O. 36 48 S. p. 397
O. 33 28 S. p. 373	O. 41 7 S. p. 378	O. 39 15 S. p. 397
O. 35 23 S. p. 376	O. 41 28 S. p. 376	O. 44 20 S. p. 398
3. Erhebungen von Südwest nach Nordost.		
N. 37° 0′ O. p. 399	N. 38° 11′ O. p. 383	W. 31° 44′ S. p. 395
		W. 32 9 S. p. 396
		W. 35 25 S. p. 396
4. Erhebungen von Nord nach Süd.		
N. 10° 37′ W. p. 384	N. 3° 35′ O. p. 387	
N. 17 56 O. p. 384	N. 3 6 O. p. 387	
	N. 5 49 W. p. 386	
	N. 12 44 W. p. 386	

Die hier zur Seite stehende Directionsrose der Gebirgserhebungen im Kaukasus, Armenien und Nord-Persien ist nach ähnlichen Grundsätzen entworfen, wie diejenige, in welcher Elie de Beaumont die beobachteten Streichungslinien der krystallinischen Schiefer der *montagnes des Maures et de l'Esterel* zusammengestellt hat.[1]) Die Figur zeigt in dem Zwischenraume der inneren Kreise, den grösseren Theil der Directionslinien die in der vorhergegangenen Liste angegeben worden sind. Die Anwendung der Farben nöthigte davon nur diejenigen auszunehmen, welche sich nahe vollständig decken würden. Der innere Kreis giebt die graphische Darstellung der mittleren Directionslinien. Der Centralpunkt, auf welchen diese Reduktionen sich beziehen, ist ein willkührlich gewählter.

Den hauptsächlichsten und am meisten charakteristischen Grundzug für die Bodengestaltung der Länder zwischen dem caspischen, dem schwarzen Meere und dem persischen Meerbusen, bildet das Vorherrschen der beiden Erhebungsrichtungen O-W. und SO.-NW. Dieser Grundzug tritt in der gegebenen Figur mit grosser Bestimmtheit hervor. Die Winkel unter welchen sich diese beiden Richtungen schneiden, sind verschieden. Für die kaukasischen Ketten kann derselbe im Mittel 25°; für die armenischen 31° 30′ und für die nordpersischen Gebirgszüge 32° 30′ angenommen werden. Die Kleinheit dieses Winkels und das geringe orographische Gewicht, welches die Einwirkungen der beiden anderen Erhebungs-Normalen von N-S. und SW.-NO. im Kaukasus besitzen, stehen in einer sehr bestimmten Beziehung zu der vorwaltenden Längen-Entwickelung des gesammten Gebirges. In den Ländern von vorherrschenden Plateau-Charakter wie Armenien und Nord-Persien, tritt dagegen die Zunahme des angedeuteten Winkels in eine bemerkenswerthe Verbindung mit dem Hinzutreten des orographisch gestaltenden Einflusses der Erhebungsnormalen von N-S. und SW.-NO. Während in Nord-Persien die meridiane Erhebungsrichtung bis jetzt noch nicht mit Deutlichkeit erkannt worden ist, findet das Zusammenwirken aller vier Hauptrichtungen am vollständigsten in Armenien statt. Hier wird eine jede dieser Directionslinien durch eine vulkanische Achse repräsentirt und es ist unverkennbar wie die maxima der horizontalen und verticalen Massenentwickelungen sich da einstellen, wo die vier Normaldirectionen zum gegenseitigen Durchschnitt gelangen. Die mittlere Stellung, welche der Ararat innerhalb dieses Gebietes einnimmt bestimmte auch, die Directionsrose der Gebirgserhebungen auf diesen Gipfel zu beziehen, auf dessen überaus merkwürdige centrale Lage im Durchschnittspunkte der beiden grössten Continental-Achsen der alten Welt schon Ritter und v. Raumer aufmerksam gemacht haben.[2])

Die mittleren Achsen der Erhebungsrichtungen von SW. und SO. schneiden sich in dem nördlichen Randgebirge von Khorassan unter 115 — 116°. Der vom Ararat ab verlängerte südöstliche Schenkel dieses Winkels durchsetzt als eine, mit der Nordhälfte des Kaukasus parallel laufende Linie das schwarze Meer, und würde einer nordwestlichen Achse desselben ihre richtige Lage anweisen. Eine Parallele des anderen Schenkels ist es, welche der südwestlichen

1) Explication de la carte géologique de la France. Tom II. pag. 467.

2) Ritter. Erdkunde. Tom X. pag. 364 v. Raumer: »der Ararat,« ein Beitrag zur biblischen Erdkunde in Hertha. Band XIII. 1829. pag. 333 — 340.

Achse des schwarzen wie des asowschen Meeres entsprechend, den thracischen und cimmerischen Bosporus durchschneidet und mit den herrschenden Erhebungslinien der südlichen Hälfte der Krimm, so wie mit nicht minder wichtigen Dislocations- und Erhebungslinien auf den Halbinseln Kertsch und Taman parallel läuft. Eben so befinden sich die Längenachsen des Goktschai und des Vansees östlich und westlich vom Ararat, im Parallelismus mit den entsprechenden Schenkeln jenes Winkels. Die meridiane Erhebungslinie der armenischen Gebirge schneidet die mittlere Achse ostwestlicher Erhebungs-Parallelen im Winkel von 92°. Beide Linien treffen als vulkanische Achsen wirklich im Ararat zusammen. Die latitudinale ist bereits pag. 371 als mediterrannee vulkanische Achse bezeichnet; ihre östliche Verlängerung trifft genau auf die Naphta Insel Tscheleken. Die meridiane Vulkanlinie, eine Parallele der Längenachsen des Urmiasees und des kaspischen Meeres, ist in ihrer Bedeutung für die kaukasischen Länder pag. 387 gewürdigt worden.

Das Vorhergegangene hat keine für die Geologie durchaus neue Thatsachen, sondern nur neue physikalisch geographische Beiträge für die Allgemeinheit des Gesetzes geliefert, welches in der Struktur und Anordnung der Erdoberfläche überall einen gleich bestimmten Ausdruck findet. Die von Saussure und Palassou[1]) gemachte Beobachtung von dem Parallelismus der Centralketten und Secundärketten in den Alpen und Pyrenäen, mit einer bestimmten Achsenlinie des Gebirges, fand in der Theorie der Erhebung der Gebirge durch L. v. Buch zuerst eine Erklärung. Nachdem in der Entdeckung der vier scharf gesonderten geognostischen Systeme Deutschlands[2]) die Bedeutung der vier Haupt-Erhebungsrichtungen zuerst klar hervorgetreten war, hat der Nachweis der constanten Wirksamkeit dieser vier Normalen der alten Welt auf allen Theilen der Erde mit der Fortentwickelung der Wissenschaft immer gleichen Schritt gehalten. Darwin[3]) und Dana[4]) auf der oceanischen Erdhälfte an das Studium der Coralleninseln und die Topographie des Oceans mit der Beschaffenheit seiner Inselwelt anknüpfend, haben das schon durch L. v. Buch[5]) hervorgehobene Gesetz einer höheren Symetrie in der geographischen Vertheilung sämmtlicher Inselgruppen von Polynesien auf seine tiefere Grundlage zurückgeführt. Die vier Erhebungs-Normalen der continentalen Erdhälfte erscheinen auch hier wieder in den Achsen linear aneinander gereiheter Inselgruppen und zwar in unverkennbarer Abhängigkeit von den Hauptrichtungen der Küsten, welche das grosse Meeresbecken begränzen. Der grössesten Achse des stillen Meeres conform erstreckt sich die Hauptrichtung der nordwestlich alignirten Inselreihen, nach Dana[6]) im Mittel aus 22 genau bestimmten Gruppen N. 46° W. Die Richtung der nordöstlichen Reihen ist im Mittel aus 7 Gruppen N. 24° O. Eine sehr merkwürdige Meridianrichtung, die über 34 Breitengrade hin-

1) Saussure. Voyages dans les Alpes und Palassou Essai sur la mineralogie des Monts Pyrenées.

2) Leonhard's Taschenbuch. 1824. pag. 501.

3) Geological observations on Coral and Volcanic Islands, and on South America by Charles Darwin London. 1851.

4) United States exploring expedition during the years. 1838 bis 1842 under the command of Charles Wilkes. Tom X. Geology by James Dana. pag. 11—23 und 414—436.

5) Leop. v. Buch. Physicalische Beschreibung der Canarischen Inseln. pag. 323.

6) Dana. l. c. pag. 17.

aus wirkt, verbindet die Ostküste von Borneo mit den Achsen von Celebes, Luzon, Formosa und fällt mit der Nordküste von China und der Südwestküste Neuhollands N. 3° O. zusammen.

Diese Linie trifft die grosse ostwestliche Reihe von Neu-Guinea, Flores, Sumbava, Java, Sumatra, welche genau N. 3° W. orientirt ist, und verhält sich somit der vulkanischen Erhebungsachse analog, welche Armenien und den Kaukasus von N. nach S. durchsetzend die taurische Erhebungs-Parallele nahe im rechten Winkel schneidet. — Die Bemerkung Danas, dass sich die äquatoriale und meridiane Erhebungsrichtung in der oceanischen Inselwelt da einstellt, wo die grösste Anhäufung von Land Statt findet, wiederholt den Ausspruch L. v. Buchs, [1]) dass die merkwürdige von Humboldt entdeckte ostwestliche Richtung der mexikanischen Vulkane im Durchschnittspunkt mit der meridianen Vulkanreihe das maximum des emporgehobenen Areals entwickelt. Die Untersuchungen über Erhebungsrichtungen und geodaetische Orientirung der Gebirgsketten im Kaukasus haben die Gründe der merkwürdigen Erscheinungen, welche der geologische Bau und die Grundzüge der Gestaltung dieser Länder dem Naturforscher, dem Historiker und Etnographen darbieten, nur vom allgemeinsten physikalisch-geographischen Standpunkt aus gewürdigt.

Eine andere Aufgabe bildet die Unterscheidung und einheitliche Individualisirung der nach den stratigraphischen Linien gesonderten Gebirgssysteme in dem Sinne der Lehre, welche in den Bergen die Initialen der Erdentwickelungsgeschichte erkennt und die Kapitel der letzteren nach den Gebirgssystemen abtheilt. [2])

Der Natur der Sache nach würde die Lösung dieser Aufgabe, welche eine genaue Sonderung aller Schichten mit ihren biologischen Charakteren voraussetzt, mit einer erschöpfenden und speciellen Darstellung der sämmtlichen geognostischen Verhältnisse zusammenfallen und gewissermassen das kritische Endresultat der geologischen Forschung im Kaukasus sein. Da es nicht meine Absicht sein kann, eine solche Aufgabe in dieser Schrift zu verfolgen, so würden auch vergleichende Vermuthungen über das Vorhandensein irgend welcher Gebirgssysteme im Kaukasus, welche mit solchen gleichwerthig zu sein scheinen, die der Begründer der Lehre von dem relativen Alter der Gebirgserhebungen für den europäischrn Erdtheil mit so viel Scharfsinn entwickelt hat, der grossen Bedeutung des Gegenstandes wenig angemessen erscheinen müssen. Im Allgemeinen halte ich dem Gesammtresultat meiner Unsuchungen im Kaukasus zu Folge dafür, dass die zahlreichen Gebirgsbildenden Reactionen, welche von der ältesten Zeit bis zur Gegenwart in ungleichmässigen Intervallen die ursprüngliche Plateaunatur der kaukasischen und armenischen Länder bis zu ihrer gegenwärtigen physikalischen Beschaffenheit veränderten, sich stets mehr oder minder nahe in den Richtungen einer oder der anderen der vier Normalen wiederholt haben und dass dabei selbst die Fälle gleichzeitiger dislocirender und hebender Wirkungen nach mehreren Normalen nicht ausgeschlossen geblieben sind. Jedoch scheint es mir, dass nur einigen von den chronologisch daselbst

1) L. v. Buch physicalische Beschreibung der Canarischen Inseln. pag. 406.
2) Elie de Beaumont. Notice sur les systémes de montagnes. Tom I. pag. 3.

unterscheidbaren Reactionen mit ihren Parallelerhebungen die Bedeutung zukömmt, wirkliche geologische Epochen von grösster Allgemeinheit für das Ganze der Erdoberfläche abzugränzen. Diese grösseren Gebirgssysteme, welche in unverkennbar orographisch und stratigraphisch übereinstimmenden Zügen die Hergänge stattgehabter *allgemeiner* Umgestaltungen erläutern, würden somit eigentlichen Abschnitten der physikalischen Entwickelungsgeschichte der kaukasischen Länder im Beaumont'schen Sinne entsprechen können. — Die übrigen, welche diesen Charakter der Allgemeinheit nicht besitzen, würden als die einzelnen Capitel und Paragraphen zu bezeichnen sein, deren Inhalt die Intervalle zwischen den geologischen Hauptepochen ausfüllt. Nichts desto weniger ist es auch von den untergeordneten Gebirgssystemen, in dem hier verstandenen Sinne wahrscheinlich, dass sie als die mit mehr oder minderer Stärke und Continuität fortgepflanzten Spaltenwirkungen zu betrachten sind, deren gleichzeitig active Centralheerde ein und demselben Systeme grösster Kreise zugehörig, in sehr verschiedener grösserer oder geringerer Entfernung unter sich in benachbarten Erdtheilen liegen konnten.

Auch glaube ich annehmen zu dürfen, dass sich den Reactionen Gebirgsbildender Vulcanität, welche von dem Schlusse der secundären Periode bis zur gegenwärtigen Epoche an Häufigkeit, Intensität nnd localer Bedeutung wie überall, so auch im Kaukasus zunahmen, Phänomene der Senkungen angeschlossen haben, deren Grösse, Umfang und Lage für die Länder zwischen dem caspischen dem schwarzen Meere und dem persischen Meerbusen sich in dem Verhältniss sehr deutlich ausgesprochener symetrischer Beziehung zu den maximis der centralen und linearen Emporhebungen zeigen, welche daselbst ein verhältnissmässig sehr junges Alter besitzen.

Die systematische Entwickelung dieser Hergänge und ihre Parallelisirung mit gleichzeitigen Ereignissen, in den übrigen Erdtheilen erfordern denselben Untersuchungsgang, welcher zur Feststellung der Gebirgssysteme des europäischen Welttheils eingeschlagen werden musste.

Allerdings hat das Aufsuchen und die Sonderung der unabhängigen Dislocations- und Streichungslinien, wie ihr Zurückführen auf diejenigen grössten Kreise, deren geodaetische Lage über die Selbstständigkeit eines Gebirgssystems nach der Beaumont'schen Lehre zu entscheiden hat, mancherlei Schwierigkeiten zu überwinden, die auch ich erfahren habe. Eines Theils liegen dieselben in dem keinesweges immer gradlinigen und parallelen Verhalten, entschieden ein und derselben Periode angehöriger Ketten, andern Theils in den Anomalieen, welche die schwankenden Richtungen der Streichungslinien so häufig gegen die Voraussetzung einer constanten Achsendirection zeigen.

Hiermit verbindet sich die Unsicherheit in Abweichungsfällen stratigraphischer Linien von einer bereits erkannten Normaldirection, versteckte Schichtenstörungen, welche die gleichzeitigen Wirkungen verschiedener Erhebungssysteme sein können, von derjenigen Classe successiv in längeren Intervallen erfolgter Schichtenverschiebungen zu unterscheiden, für deren Zurückführung auf die Normaldirektion Correctionsformeln in Vorschlag gebracht worden sind.[1])

1) E. Gras. Statistique géologique du departement de la Drome. pag. 21.
Le Play. Annales des mines 3e série. Tom VI. pag. 503.

Ich gestehe, dass diese Schwierigkeiten häufig verschwinden sobald die Gründe solcher Anomalieen als Consequenzen der Anwendung des so überaus naturgemässen Begriffes der Gebirgsmasse aufgefasst werden, womit Studer, der tiefe Kenner der Alpen zuerst solche Kettenverbindungen und Gebirgsgruppen bezeichnete, in denen nach ihrer äusseren Gestaltung Anordnung und Struktur mehr oder weniger selbstständige, nach einem gemeinschaftlichen Princip gebildete Ganze zu erkennen sind.[1]) Dergleichen Gebirgsganze oder Systeme sind im Kaukasus wie in Armenien sehr häufig, und reihen sich oft mit der vorwaltenden Grundform langgestreckter eliptischer Längenthäler zur Bildung ganzer Ketten aneinander, auf deren Bau eine analoge Beurtheilung anzuwenden ist, wie sie Hopkins für die geologische Erläuterung des Wealden District und des Bas Boulonnais gegeben hat.[2]) Jn der mitunter schwankenden stratigraphischen Directions-Normale solcher Systeme habe ich stets eine der vorhin angedeuteten Erhebungsrichtungen erkannt.

Nichts desto weniger sind mir bei vorläufiger Vergleichung mancher so erhaltenen, zwischen den vier Normalen liegenden Richtungslinien mit den verschiedenen durch Rechnung auf den Kaukasus übertragenen Orientirungen, welche Elie de Beaumont für die grössten Kreise der Gebirgssysteme Europas, zumal der jüngeren, von dem Systeme der Pyrenäen an bis zum System des Tenarus, des Etna und Vesuv gegeben hat, manche interessante Uebereinstimmungen aufgefallen.

Die Bedeutung solcher Uebereinstimmungsn steigert sich, wenn sie mit Fällen in Verbindung treten, wo durch eine bestimmte Gebirgserhebung, z. B. ein tertiaires Formationsganzes *a. b.* und *c.* zur Kette gestaltet worden ist, dessen ältestes Glied *a.* sich im Verhältniss nicht concordirender Lagerung zu *b.* und *c.* befand, und wenn diese Erhebung ihre Annäherung während der Ablagerungsepoche zwischen *b.* und *c.* unter gleichzeitig mitwirkender örtlicher eruptiver und sedimentärer Spaltenthätigkeit deutlich verrathen hat. Schärfere und speciellere bathrologische[3]) Untersuchungen, als die bis jetzt vorhandenen, sind nöthig, um einer demnächstigen Parallelisirung der europäischen Gebirgssysteme von Elie de Beaumont mit den kaukasischen positiv entscheidende Daten liefern zu können.

Zweiter Abschnitt.

Die durch den Inhalt des vorigen Abschnitts vorzüglich getragene Ansicht, welche physikalische Geographie und Geologie als unzertrennlich mit einander verbundene, sich gegenseitig ergänzende Wissenschaften betrachtet und die eigentliche Formationslehre demjenigen

1) Studer's Geologie der westlichen Schweizer-Alpen. 1834. pag. 27.

2) William Hopkins. On the geological structure of the Wealden district and the Bas Boulonnais. Transact. of the geolog. society. Vol. VII. pag. 38—40.

3) Lehrbuch der Geologie von Naumann. Tom I. pag. 910.

Theile der organischen Naturlehre überweist, für welche Blainville den Namen Paläontologie erfunden hat, darf behaupten, dass Alles, was sich dem physikalischen Geographen, wie dem Geologen als Gegenstand seiner Forschung darbieten mag, in unzertrennlicher Verbindung und Abhängigkeit mit und von den Erhebungsrichtungen und also auch von den Ursachen derselben dasteht.

Dass diese letzteren aber tief in dem Wesen der Vulkanität begründet sind, hat die Fixirung der linearen Verbreitung der Vulcane auf der Erdoberfläche und der Nachweis ihres genauen Anschlusses an die Umrisse der grossen Continentalmassen, und namentlich an jene 4 Haupterhebungsrichtungen durch Leopold v. Buch überzeugend dargethan.

Meine Beobachtungen in Armenien wie im Kaukasus haben diesen Wahrheiten vielfach bestätigende Thatsachen zugeführt.

Das Erscheinen der heissen Mineralquellen, der Kohlensäure Emanationen und der, an das problematische Phänomen der Salsen geknüpften Ausströmungen von inflammabelen Gasen; das lineare Auftreten erloschener Vulcane, und die Ausfüllung grosser Gebirgsspalten durch mannigfaltige Arten von Eruptivgesteinen, von bestimmter mineralogischer Verschiedenheit, je nach ihrem relativen Alter, so wie das Miterscheinen gewisser Classen von Erzen, habe ich in niemals fehlendem Zusammenhange mit den vorerwähnten Erhebungen und deren Richtungen gefunden. In Ermangelung bis jetzt noch nicht veröffentlicher specieller Beschreibungen aller dieser, für die physikalische Geographie gleichwichtigen Verhältnisse beschränke ich mich hier nur auf einige Andeutungen dahin gehöriger Thatsachen.

Im Kaukasus

findet eine sehr bestimmte lineare Vertheilung der heissen Quellen in den Hauptrichtungen statt, welche nach pag. 364 die Gliederung des Gebirges bestimmen.

Die heissesten Quellen, welche der Kaukasus besitzt, und die sich zugleich durch *ausserordentliche* Wasserfülle wie durch Anzahl auszeichnen, treten aus *ostwestlich* gerichteten Bruchspalten längs des Nord- und Südrandes des tertiairen Sandsteinplateaus der kleinen Tschetschnja, zwischen dem Terek und der Sundja hervor. Die Anzahl dieser Quellen ist sehr gross, aber nicht genau ermittelt. Qualitative im Spätherbst 1852 von mir an Ort und Stelle gemachte chemische Untersuchungen zeigten mir, dass die Quellen des Nordrandes des Sandsteinplateau den Natrothermen mit sehr wenig festen Bestandtheilen, die Quellen des Südrandes so wie die längs der Sundja dagegen den Halothermen mit vorherrschendem Kochsalzgehalte zugehören. Die Quellen-Temparaturen der nördlichen Reihe fand ich nach Angabe eines Greiner'schen Normalthermometers bei Stara-Yourt 71°,8 R.; bei Braguni 77° R.; bei Umachan-Yourt 49 — 50° R.; bei Ystis-Sou 59° R.; die Temparaturen der südlichen Quellengruppen bei der Michailowskischen Staniza besassen dagegen nur 55°,6 und 29°,2 R. Die bedeutenden terrassenförmigen Absätze eines reinen Travertin, über welche die Quellen von Stara-Yourt zur Terek Ebene hinabfliessen, stehen der beinahe vollständigen Abwesenheit an erdigen Bestandtheilen in diesem Wasser bedeutsam gegenüber. Unter den gasförmigen Bestandtheilen der genann-

ten Quellen, erkannte ich in dem Wasser der Michailowskischen Quelle einen bedeutenden Antheil desselben brennbaren Kohlenwasserstoffgases, welches die Apscheronschen Phänomene bedingt. Mechanisch in sehr geringer Menge beigemengtes Schwefelwasserstoff, entweicht bald nach dem Austritte des Wassers so vollständig in die Atmosphäre, dass 200 Schritt von der Quelle Blei- und Silbersalze keine Schwefelreaction mehr angeben.

Den bereits im Jahre 1829 von Herrman in Moskau gegebenen ersten Nachrichten von den Thermen zwischen Sundja und Terek und deren Zusammensetzung schliessen sich die gründlichen quantitativen Untersuchungen der Wasser beider Gruppen an, welche Herr Akademiker Zinin kürzlich veröffentlicht hat, der kurze Zeit vor mir die in Rede stehenden Quellengebiete besucht hatte. [1])

Der mittleren Achsenrichtung des Kaukasus conform liegen von Südost nach Nordwest nahe in gleicher Richtung alignirt: die schwefelhaltigen Quellen von 19°,6 R. auf Apscheron; die alkalischen von Kunachkent 39°,5 R.; die alaunhaltigen von Akti 42°,5 R.; die alkalischen im Genaldon Thale nördlich vom Kazbek 28° R. Eine gleiche Richtung beherrscht die Zone ausgezeichneter Theiothermen[2]) oder schwefelreicher Thermen, welche auf dem Raume zwischen Derbent und dem Sulak bei Tschir-Yourt zerstreut liegen. Drei dieser Quellen, die von Kaitach 39°,4 R. dicht am Meeresufer; von Taligyn-Tau 30° R. zwischen Schura und Atlyboini ohnweit Petrowsk, habe ich qualitativ untersucht und in ihrer Zusammensetzung namhafte Unterschiede gefunden.

Zwischen dem Elburuz und dem Beschtau führen meine Beobachtungen die folgenden Thermen auf eine breite Zone zurück, deren mittlere Richtung von SW.-NO. bereits früher pag. 384 festgestellt worden ist. Die Quellen dieser Zone sind: eine sehr kohlensäurereiche Pikrotherme von 17°,6 R. im oberen Malkathale am Fusse des Elburuz in 7811 F. Höhe; die kohlensäurereiche Anthrakopege des Narzan von 11°,2 R. bei Kislovodsk 2921 F.; die Natro und Theio-Thermen von Pätigorsk 36°,3 R. in 1856 F.; von Kum-Gora 24°,1 R. in 2292 F. und von Essentuki 12°,5 R. in 2087 F. Höhe; die Siderothermen von Djelesnovodsk 32°,2 R. in 2581 F. Höhe. Alle diese Quellen, denen sich noch mehrere Anthrakokrenen von gewöhnlicher Bodentemparatur anschliessen, entspringen aus sehr verschiedenen Formationen; ihre zwischen 7° und 36°,3 R. liegenden Temperaturen, zeigen kein Abhängigkeitsverhältniss von der absoluten Höhe des Ortes, wo die Quellen erscheinen.

Das vielverzweigte Thermensystem der Beschtaugruppe, findet in dem bereits pag. 398 besprochenen Durchschnittsverhältniss der zwei Erhebungsnormalen von SW. und SO. eine sehr klare und befriedigende Deutung. Die Quellen des Maschuka-Gora bei Pätigorsk sind genau an eine grosse Spaltung gebunden, welche in der bereits pag. 399 angegebenen Richtung, das Innere des Berges öffnend, seinen Schichtenbau auf das gewaltsamste dislocirt. Am südwestlichen Fusse des Berges, erscheint der äussere Rand dieser Spaltung gleichsam abgebro-

1) Минеральныя воды терекско-сунженской долины. Военно-Медицинская статистика.

2) Vetter, Handbuch der allgemeinen Heilquellenlehre. Th. I. Systematik in Terminologie. pag. 194 bis 215 und T. II. pag. 1007 bis 1010.

chen und in die Tiefe gesunken; ein Verhältniss, welches tiefe schachtartige Einsenkungen zu beurtheilen gestatten; und grade in der Richtung dieser Spaltung befindet sich noch heut die stärkste thermale Action bei Pätigorsk.

Am Fusse des südlichen Kaukasus Abfalles, zwischen Kutais und Choni, tritt die Akratotherme von Zkaltouba von 26°,8 R. aus Spaltungen im Kreideterrain hervor, wo Basaltdurchbrüche dasselbe in der Richtung von SO-NW. zerrüttend durchsetzen.

Einen scharfen Gegensatz zu dem häufigen Erscheinen von Theiothermen und Natrothermen in den tieferen Thälern oder am Fusse des Gebirges, bildet das überaus zahlreiche Vorkommen, der an mineralischen Substanzen mitunter selbst an kohlensauren Kalk sehr armen Anthrakokrenen oder kalten Säuerlinge in der Kammregion des Kaukasus.

Die Lage dieser sehr kalten Quellen folgt genau den Dislocations und Achsenlinien des Gebirges. Die Zone ihrer zahlreichsten Verbreitung liegt zwischen dem Kazbek und Elburuz, und hier sind es besonders die ossetinischen Kesselthäler zwischen dem kaukasischen Haupt- und Nebenkamme, wie die Hochthäler von Radscha, wo auf verhältnissmässig kleinem Raume die bedeutendesten Exhalationen von Kohlensäure durch besonders gehäufte, fast immer auf das Schieferterrain beschränkte Sauerquellen, zumal in der Nähe der trachytischen Durchbrüche continuirlich statt finden. Die Häufigkeit und locale Mächtigkeit der Travertinabsätze, welche in Verbindung mit den Quellen in diesen Thälern gefunden werden, sprechen mit Rücksicht auf die Geringfügigkeit dieser Produktionen an denselben Orten in der Gegenwart, für die bedeutende Veränderung, welche der Chemismus dieser Bildungsthätigkeit der Natur im Lauf der jüngeren Zeit auch im Kaukasus erlitten hat.

Mit seltener Klarheit und Schärfe lässt sich im Kaukasus die Abhängigkeit nachweisen, in welcher die Salsen, das Bitumen in fester und flüssiger Form, die Emanationen von brennbarem Kohlenwasserstoffgas, so wie die periodischen Flammen und Schlammausbrüche sich daselbst zu einer oder der anderen der vier Erhebungsrichtungen befindet. Der eigentliche Schauplatz dieser Erscheinungen liegt der Central- und Achsenregion des Gebirges beinah eben so fern, wie das Gebiet der heissen Quellen. Es gehören dieselben vielmehr der peripherischen Hügelumwallung, so wie den von dieser begränzten Tief- und Flachländern, jedoch nicht ganz ausschliesslich an. Die Hauptrichtungen, welcher sich alle hieher gehörigen Phänomene im Kaukasus unterordnen, sind O-W. und SO.-NW.

Am südöstlichen Ende des Gebirges sind die Brenngas- und Naphta-Emanationen der stärksten Intensität auf einer schmalen Zone concentrirt, die sich in der Mitte von Apscheron an der Stelle von OSO. nach NW. biegt, wo die unerschöpflichsten Quellenpunkte der flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen liegen. Im Innern des pag. 373 berührten Systems des Schach-Dagh entströmt aus antiklinaler Erhebungsspaltung des Schiefer- und Sandstein-Terrains genau in der Achsenrichtung des dolomitisirten Kalkgebirges, das reine Brenngas, wie auf Apscheron, ohne die mindeste Beimengung von verflüchtigter Naphta.

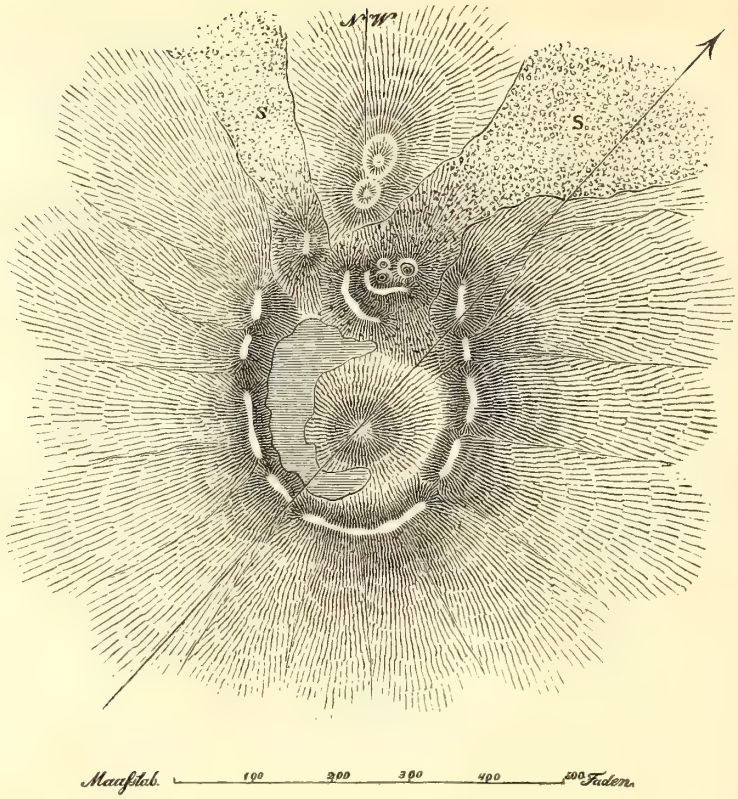
Am nordwestlichen Ende des Kaukasus, pag. 376 auf der Halbinsel Taman, zeigen sich alle hier in Rede stehenden Phänomeen beinahe ausschliesslich an die Gipfel und Flachrücken

einer Vielzahl von Hügeln geknüpft, die sich in der Richtung von Ost nach West zu kleinen parallelen Ketten und Tafelzonen aneinder reihen und der Oberflächengestaltung der Halbinsel Taman den physiognomischen Charakter einer von vulkanischen Bildungen durchzogenen Hochebene geben. Dieser Charakter wird durch die scharf marquirten colossalen Schlammergüsse erhöht, die beinahe von der Mehrzahl dieser Berge ganz nach Art grosser Lavaströme über die Abhänge geflossen sind und am Fusse derselben sich ausgebreitet haben. Dieselben Erscheinungen der Salsen- und Naphta-Emanationen, die auf Taman in den antiklinalen Achsen von Hochrücken liegen, die aus festen tertiairen Kalk- und Mergel-Schichten gebildet sind, befinden sich auf der Halbinsel Kertsch in der Verlängerung derselben ostwestlichen Achsen, aber auf dem flachen Boden langgedehnter Erhebungsthäler mit steil nach Innen abfallenden Felswänden. Das Phänomen der Schlammströme, welche auf Taman durch ihre Grösse imponiren, hat auf Kertsch niemals mit gleicher Stärke gewirkt.

Die scharfe Abhängigkeit zwischen der allgemeinen Formenentwickelung der Festländer und dem relativen Achsenverhältnisse ihrer Dislocations- und Erhebungsgebilde tritt auf den kaukasischen Halbinseln eben so schlagend hervor, wie sich aus der mineralogischen Beschaffenheit der Kalk- und schiefrig-thonigen Mergel-Schichten, welche diese Bergformen zusammen setzen, die tief in dem Wesen der Vulkanität begründete Natur der hydrochemischen und thermalen Emanations- und Niederschlagsprocesse ergiebt, durch welche jene Schichten im Verlaufe der jüngsten Tertiärperiode, unter dem Einflusse für alle Gebirge in gleicher Weise gültiger Hebungsgesetze gebildet worden sind. Es sind theils dieselben, theils nahe verwandte Kräfte, welche noch heut, wie wohl im äusserst verjüngten Maassstabe in den Phänomenen der Salsen, der periodischen Gas- und Schlamm-Eruptionen wie der lokalen Hebungen und Senkungen des Bodens an der Vergrösserung solcher Kegelberge arbeiten, die einer früheren zum Theil vorhistorischen Zeit angehören. Zur versinnlichenden Erläuterung desjenigen, was so eben über die sogenannten Schlammvulkane und deren Wirkungen auf der Halbinsel Taman gesagt worden, verweise ich auf die nachstehende kartographische Skizze des Gnilaja-Gora bei Temriuk auf Taman, ein Resultat meiner Aufnahme im Herbste 1852. Dieser flachconische Hügel von 220 engl. F. absoluter Höhe bietet einen der vollendesten Typen der Eruptionskrater dar, wie sie den Schlammvulkanen der kaukasischen Halbinseln eigenthümlich sind. Er erhebt sich am nordwestlichen Ende des einzigen Höhenzuges, der die mittlere kaukasische Erhebungsrichtung von SO.-NW. bis an das azowsche Meer führt und die Basis einer Reihe sehr flacher langgestreckter Eruptionssysteme darstellt, die physiognomisch völlig mit denjenigen bei weitem grösseren und umfangreicheren übereinstimmen, die in den ostwestlichen Erhebungsparallelen der Halbinsel Taman geschlossene Reihen bilden.[1])

Die Grundzüge eines Kraterplateau des Vesuv, eines Erhebungskraters von Roccamonfina, eines Hoch-Simmern und Bausenberges in der Eifel wiederholen sich hier an der Stelle der Kreuzung zweier nach verschiedenen Richtungen wirksam gewesener Erhebungs- und Eruptionsachsen unter periodischer Mitwirkung pseudovulkanischer Phänomene.

1) Bulletin de la Classe physico-mathématique de l'Académie de St. Pétersbourg. Tome XIV, pag. 58.



Der Krater des Gnilaja-Gora ist von ovaler Form; sein sonst regelmässig geschlossener Rand ist gegen Norden, innerhalb der genau von SO.-NW. gerichteten Kraterachse unterbrochen und erscheint gleichsam gesprengt. Eruptive Thätigkeit hat an dieser Stelle eine mehrfach gegipfelte kuppenförmige Anschwellung, aus den Trümmern einer Thon- und Mergelschiefer-Formation hervorgebracht, in welcher sphärosideritische Concretionen häufig sind und scheint ihren Sitz dauernd auf diese Stelle von dem Mittelpunkte des Systems aus übertragen zu haben; der innere Raum des Kraters, dessen Boden ich barometrisch 200 Fuss über dem Meere fand, wird von einem flachen ehemaligen Eruptionskegel eingenommen, dessen Basis zur Hälfte von einem Kratersee im Halbkreise umschlossen wird.

In historischen aber unbestimmbaren Zeitperioden muss der Gnilaja der Schauplatz sehr bedeutender Eruptionen gewesen sein, deren Wirkungen in den mächtigen Schlammergüssen erkannt werden, die von der vorhin bezeichneten Durchbruchsstelle des Kraterrandes in nordwestlicher und nördlicher Richtung ausgingen und sich physiognomisch sehr prägnant auf dem scharf gefurchten Abhange der entsprechenden Bergseite hervorheben. Die letzte mit Sicherheit anzugebende Eruption welche am Gnilaja-Gora Statt fand, wird von Augenzeugen auf das Jahr 1844 verlegt. — Eine Feuersäule, welche aus dunklen Rauchmassen zu bedeutender Höhe unter donnerndem Getöse emporstieg und auf und nieder oscillirend über eine Stunde anhielt,

spielt auch in dieser Erzählung als begleitendes Phänomen der Schlammeruption wieder die gewöhnliche Rolle. Das Schweigen über seitlich sich ausbreitende Auswürfe bei diesem Ausbruche entspricht der Abwesenheit solcher Massen, wie sie einer derartigen Vorstellung zu Folge im Umkreise der Eruptionsstelle gefunden werden müssten.

Die eigentlichen vulkanischen, durch Lava und Conglomerat-Bildungen charakterisirten Eruptiv-Phänomene des Kaukasus, sind nur an die Zone krystallinischer Massengesteine gebunden, deren Existenz zwischen dem Terek und Kuban feststeht. Die Vertheilung dieser vulkanischen Bildungen folgt nicht dem Gesetze der Reihenvulkane im strengen Sinne auf ein und derselben Hauptspaltung, vielmehr concentriren sich dieselben auf der Zone, wo die Hauptachse ostwestlicher Erhebungs-Parallelen, die zweite kaukasische Erhebungslinie von SO.-NW. durchschneidet. Die erstere in gleicher geographischer Breite mit dem Balkan in Westen, und dem Himmelsgebirge in Osten [1]) fällt nach Elie de Beaumonts geistvoller Auffassung sehr nahe mit dem Systeme der Ost-Alpen zusammen;[2]) die zweite repräsentirt sehr wahrscheinlich das System der Pyrenäen im Kaukasus. Auf dem Raume, wo diese Zonen sich nach pag. 373 unter dem Winkel von 27° 42′ schaaren, liegen sämmtliche im Kaukasus bis jetzt bekannt gewordene erloschene Vulkane. Dieses Verhältniss gewinnt an Bedeutung durch das Hinzutreten der bereits pag. 388 hervorgehobenen meridianen, entschieden vulkanischen Erhebungszone an derselben Stelle. Auf der Südseite des Hauptkammes breitet sich das pag. 366 bereits erwähnte vulkanische Hochland von Qeli und Gudowi, einer kleinen Auvergne vergleichbar, mit den rothen Bergen bei Kaschaur aus. Alle diese Bildungen mit Inbegriff vereinzelter Trachytdurchbrüche im oberen Rion-Thale östlich von Glola stehen in unverkennbarer Beziehung zu einer gemeinsamen Spaltung von O-W. Die gewaltigsten Wirkungen der Vulkanität dominiren indess auf der Nordseite des Hauptkammes im Kazbek mit seinen Trachyt-Lavenströmen und anderen ihn umringenden Trachyt-Erhebungen; ferner in der gebirgsartigen Entwickelung prachtvoller Trachytporphyre von Tschegem und den mit ihnen verbundenen Durchbrüchen von Obsidian, Pechstein, Bimmstein-Conglomeraten und Tufen die sich nordöstlich bis Naltschik ausgebreitet haben; endlich im Elburuz mit seinen kolossalen Lavaströmen und secundären Eruptionskegeln, die bis nahe an den kraterförmigen Gipfel treten.

In den georgisch-armenischen Gebirgen

ist das Abhängigkeits-Verhältniss der Vertheilung und Gruppirung der heissen Quellen von den beiden Haupterhebungsrichtungen O-W. und SW. nach NW. nicht minder deutlich ausgedrückt als im Kaukasus; wobei der Einfluss unverkennbar, den einzelne besonders eminente Centralpunkte früherer erloschener vulkanischer Thätigkeit auf grössere lokale Concentrirung der Thermen hier und dort ausgeübt haben.

Die Thermen, deren topische Beziehung zu der latitudinalen Erhebungsrichtung am schärfsten hervortritt, sind: die von Tiflis 37°,1 R. nach Parrot, innerhalb der Achse des interessan-

1) Asie centrale. T. I, pag. 217. 284.

2) Elie de Beaumont l. c. T. III, pag. 1112 — 1118.

ten Erhebungsthales von Salalaki. Sowohl dieses Thal wie die demselben nördlich parallel liegende gleichartige Naturform des Erhebungsthales von Liss, stellen sich als äusserste Verzweigungen der trialethischen Ketten da ein, wo die letzteren an den quer vorliegenden Molassenzügen des südöstlich gerichteten Kaukasussystems scharf absetzen. Dieses Berührungsverhältniss ist in jüngster Tertiär-Zeit durch die meridiane Spaltung aufgehoben worden, welche der Kur bei Mzchetha und Tiflis durchströmt, um nach der kaspischen Niederung zu gelangen. Die Quellen von Abano 25°,4 R. auf der nördlichen Seite der Kammregion der trialethischen Ardjewankette; pag. 367 die Thermen von Bardjom 24°,4 im tiefen Thale gleichen Namens und die von Abas-Tuman 39° am Südfusse des Achalzik-Imerethinischen Gränzgebirges pag. 367 führen die Thermen-Reihe in grader Linie von Ost gegen West. Die Quellen von Aspinsi 27° liegen auf einer etwas südlicheren Parallele im Kurathale zwischen Kertwis und Achalzik. Auf dem flachen Thalboden zwischen ostwestlichen Parallelen der Taurischen Plateau-Erhebungen, beobachtete ich in der Richtung von Kars nach Erzerum folgende Mineralquellen. Die Thermen von Tschermigin-Dara von 32°,5 R. zwischen Siwin und Khorassan, durch Auswitterung von Magnesiasulphat als Pikrothermen wahrscheinlich; ebenso die von Hassan-Kalé 32° R. und die Kohlensäure enthaltenden Natro- und Halothermen auf der Hochebene von Erzerum bei Alidja 30° und Arzati 25°,6 R. Die heissen durch ihre eigenthümlichen Travertinabsätze berühmten Quellen von Dyadin von 42°,7 R. auf dem flachen Boden des Muradtschai-Thales, liegen zwischen den beiden pag. 369 näher bezeichneten vulkanischen Erhebungsparallelen. Thermen von sehr verschiedener Natur, welche an die vulkanischen Erhebungsachsen von W. 41° 6′ N. und W. 39° 20′ N. pag. 378 gebunden scheinen, sind die zahlreichen Quellen am nördlichen Fusse des Sabalan von 37°,4 R. etc.; die Akratothermen im oberen Arpatschaithale von Istissu-Dara im Daralagez von 29°,5 R., so wie die gleichartigen von 39° im Terterthale südöstlich vom Goktschai-See.

Die Uebereinstimmung zwischen den Normaldirektionen der vier Erhebungsrichtungen und den Achsen der grossen Reihen erloschener Vulkane und vulkanischer Erhebungen in Georgien und Armenien ist bereits in dem Vorhergegangenen klar hervorgetreten. Das convergirende Zusammentreten der vier Erhebungsrichtungen, welche das Gerüst des centralasiatischen Continentes bilden, bedingt auf dem schmalen Raume zwischen dem kaspischen und dem schwarzen Meere, die eigenthümlichen geographischen Verhältnisse jener Länder Die zahlreichen Parallelketten innerhalb dieses Gebietes der mannigfaltigsten und zahlreichsten Brüche in der Continuität des ursprünglich horizontalen Schichtenbaues der Erdrinde entsprechen den emporgehobenen nahe an einander gerückten Rändern ganzer Systeme von Parallelspalten; demgemäss ist auch die Häufigkeit und Allgemeinheit der vulkanischen Wirkungen und ihrer mannigfaltigen Bildungen innerhalb jener Spaltensysteme als eine Bestätigung des geologischen Grundgedankens von dem nothwendigen Zusammenhange zwischen Gebirgsbildung und Vulkanität in Anspruch zu nehmen, für dessen Wahrheit die Physik und die Petrographie der kaukasischen Länder so viele und überzeugende Beweise geben.

Der Grund, weshalb die Vertheilung der überaus zahlreichen vulkanischen Eruptivsysteme auf dem armenischen Hochlande, eines Theils dem Gesetze der Reihenvulkane und anderen Theils dem der Centralvulkane folgt, ist ganz augenscheinlich in der Häufigkeit des Durchschnittsverhältnisses vulkanischer Erhebungsparallelen begründet. Die grössesten und in Bezug auf ihre eruptive Wirkungssphäre am meisten hervorragenden erloschenen vulkanischen Gebilde werden in vollkommener Analogie mit gleicher Erscheinung im Kaukasus auf dem armenischen Hochlande immer da angetroffen, wo zwei Hauptachsen dem angedeuteten Durchschnitts-Verhältniss unterliegen.

Eins der umfangreichsten Systeme, welches von Seiten seines Baues und der absoluten Dimensionen seiner Theile an die Kraterseen von Bracciano und Bolsena im Kirchenstaat erinnernd, durch die Mächtigkeit und Eigenthümlichkeit der von ihm ausgegangenen Tufbildungen eine grosse geognostische Lokalbedeutung für das armenische Hochland gewonnen hat, schliesst den heutigen Tschyldir-See ein; es liegt dieses System genau im Durchschnittspunkt der beiden, pag. 378 und 383 erörterten vulkanischen Achsenlinien, deren Wirkungen sich zugleich auf Nordpersien und Armenien ausdehnen.

Aus der Vielzahl der vulkanischen Bergsysteme und dem Parallelismus solcher, mehreren Erhebungssystemen angehöriger Reihen resultiren die öftere Wiederkehr und die symetrischen Beziehungen grösserer kegelförmiger Bildungen unter sich, deren kartographische Auffassung durch die Bestimmtheit frappirt, womit naturhistorisch und physiognomisch mit ihnen übereinstimmende Bergformen auf den vulkanischen Inselgruppen des stillen Oceans, zumal auf der Gruppe von Hawai in gleichen räumlichen Beziehungen angetroffen werden.[1]) Das Auftreten

der krystallinischen Massen- und Eruptivgesteine

im Kaukasus und in den georgisch-armenischen Gebirgen, so wie das an sie geknüpfte Miterscheinen der Erze, hat seinen geognostischen und physikalisch geographischen Schwerpunkt gleichfalls in dem ursprünglichen Verhältniss der vier Erhebungsrichtungen. Alle hierher gehörigen Bildungen fallen somit ein und derselben Kategorie, der durch Vulkanität bedingten Phänomene anheim. Eben so wenig, wie der Unterschied zwischen Vulkanismus und Plutonismus mit Schärfe zu definiren ist, kann eine genaue Gränze zwischen den ächtvulkanischen und den Eruptivgesteinen angegeben werden. Der Unterschied zwischen beiden hängt wesentlich von der Abänderung der Bedingungen ab, unter welchen chemisch gleich constituirte Grundmassen auf pyrogenem Wege in Spaltungen der Erdkruste emporgestiegen sind und sich endogen oder exogen petrographisch bestimmt constituirt haben. Sehr verbreitete Klassen von eruptiven Felsarten enthalten z. B. das Wasser in chemischer Bindung, dessen Herkunft durch den secundären metamorphosirenden Einfluss atmosphärischer von Oben nach Unten dringender Agentien bei diesen Gesteinen nicht erklärt werden kann. Bei der Entstehung solcher Bil-

1) Es beziehen sich diese Bemerkungen hauptsächlich auf die gegenseitigen räumlichen Beziehungen zwischen Mouna-Loa, Mouna-Kea und Hualalai auf Owahi und die Orographie von Oahu, im Vergleich zu der Physik des armenischen Hochlandes. Dana Geology. l. c. pag. 159 bis 233.

dungen scheinen somit Bedingungen als Regel obgewaltet zu haben, welche innerhalb der Periode der vulkanischen Gesteinsreihe nur ausnahmsweise und selten zur Bildung von Hydrosilicaten in den submarinen Tufen und palagonitartigen Felsarten mit chemisch gebundenen Wasser Veranlassung gegeben haben. Das Dunkel, welches zur Zeit noch über das Wesen jener Bedingungen, die das grosse Gebiet der metamorphischen Aktionen und deren Produkte mit betreffen, verbreitet und durch die exclusive Richtung der wichtigen Lehre von den *actual causes* gesteigert ist, lichtet sich indessen in dem Grade als die Erfahrungen auf dem Wege rationell eingeleiteter chemisch experimentirender Untersuchung sich vermehren; ein Forschungsgang, welcher in neuerer Zeit vorzüglich von Ebelman, Bunsen, Deville, Senarmont, Durocher und Daubrée[1]) mit so ausgezeichnetem Erfolge betreten und verfolgt worden ist. Gross ist die Bedeutung der Thatsachen, welche als Erfahrungssätze über den Chemismus der Vulkane eine befriedigende Erklärung durch Analyse und Synthese bereits erfahren haben, die von ächt geologischem Auffassungsgeiste geleitet wurden. Sie genügen meines Erachtens vollständig um den Ursprung der Erze, wie sie im Kaukasus und mehr noch in den armenischen Gebirgen, in aussergewöhnlichem Massstabe verbreitet sind, in der Mehrzahl der Fälle auf plutonische Reaktionen zurückzuführen, welche mit dem Hervorbrechen von krystallinischen Ganggesteinen verschiedenen geologischen Alters in analoger genetischer Verbindung gestanden haben, wie die Produkte der Fumarolen und deren epigenische Thätigkeit mit den Laveneruptionen der heutigen Vulkane. Zahlreiche Thatsachen, die das Vorkommen und die geognostischen Verhältnisse gewisser Erze zu benachbarten krystallinischen Ganggesteinen erläuteren, scheinen zu beweisen, dass es in dem Wesen der vulkanischen Reactionen, welche Gebirgserhebungen begleiteten gelegen hat, durch intensive Emanationen sublimationsfähiger Stoffe zu wirken, oder nach Art der incrustirenden Thermen der Gegenwart metallische Solutionen in Gebirgsspalten empor zu führen und Erzausscheidungen auf dem Wege der Dialyse und Metamorphose hervorzubringen.[2]) Die Eruptivgesteine von gangförmigen Charakter sind stets auf Längenspalten zurück zu führen, welche theils mit den an die vier Hauptdislocations-Richtungen geknüpften vulkanischen Achsen zusammen fallen, theils Parallelen derselben sind. In Uebereinstimmung mit den Vertheilungsgesetzen der Vulkane haben sich auch in diesen vorvulkanischen Perioden Centralpunkte eruptiver Thätigkeit nach Art der Reihenvulkane zur Bildung von Kettenzonen aneinander gereiht. Jeder dieser Centralpunkte besitzt seine besondere geologische Entwikkelungsgeschichte, in welcher das Auftreten der Erze sich an bestimmte Gesteinsreihen und ihre Varietäten knüpft, die keinesweges gleichzeitiger Entstehung sind, sondern mehreren Bildungsphasen des ganzen Gebirgssystems angehören, von dem die Kette einen Theil bildet. In ähnlicher Weise, wie sich später in der Durchkreuzung der vulkanischen Achsen grössere vulkanische Systeme mit dem Charakter der Central-Vulkane eingestellt haben, isoliren

1) Daubrée. Observations sur le métamorphisme et recherches experimentales sur quelque's-uns des agents qui ont pu le produire. Annales de mines 5° livraison 1857.

2) Ueber Maganerze im Kaukasus. Bulletin de la Classe physico-mathématique de l'Académie de St.-Pétersbrg. Elie de Beaumont. Note sur les émanations volcaniques et metallifères. Bulletin de la soc. geol. de France. T. IV. p. 1260.

sich auch in den Ketten der Eruptivgesteins-Formationen in Armenien häufig grosse umfangreiche Bergsysteme völlig selbstständig in solchen Durchschnittspunkten verschiedener Erhebungsrichtungen. Nicht selten prägt sich in diesen isolirten Centralerhebungen die orographische Form des circusartigen Erhebungsthales aus, dessen äussere Umwallung entweder mit breiten Hochrücken und dazwischen liegenden Thälern allmählich abfällt oder durch die ersteren mit dem Ganzen einer Kettenzone in eine sehr bestimmte orographische Verbindung tritt.

Die geologischen Beziehungen zwischen den Erzlagern und den krystallinischen Gesteinen, mit welchen sie in genetischem Verbande stehen, verlangen einige allgemeine erläuternde Bemerkungen über die Natur der Eruptivgesteine, mit Inbegriff der vulkanischen Felsarten im Kaukasus und Armenien überhaupt.

Eine dreifache petrographische Verschiedenheit bedingt hier Hauptabtheilungen. Die Gruppen dieser Abtheilungen bilden geognostische Reihen, deren successive Aufeinanderfolge den Gang und die Hauptmomente geologischer Entwickelungsperioden der Gebirgssysteme chronologisch zu bestimmen vermag. Verschiedenheit der Gruppirung und specifischen Association der oryktognostischen Bestandtheile der Felsart verbinden sich mit einer gewissen Reihenfolge in der Natur der mit auftretenden Erze und lassen ein allmähliches Fortschreiten von den älteren Perioden bis zu den gegenwärtigen Epochen der thätigen Vulkane erkennen.

In die erste Abtheilung sind die granitischen Gesteine zu stellen. Die quarzreichen Granite, die reinsten Typen der Gattung, mit wohlbegränzten krystallinischen Ausscheidungen ihrer Hauptelemente werden mit den ihnen zugehörenden Nebengesteinen, den Quarz und Feldspathreichen Varietäten: Pegmatit und Protogyn, als Fundamental-Bildungen im kaukasischen Gebirge nur auf einer breiten Zone zwischen dem Kazbek und Elburuz sichtbar. Als älteste Bildung am vollkommensten entwickelt, zeigt sich die Granitformation in den fundamentalen Plateau- und Centralmassen des Meskischen Gebirges pag. 381.

Eine ähnliche, vielleicht einer jüngeren Periode angehörige Granitformation schliesst das Krammthal im trialetischen Gebirge auf. Noch jünger scheinen die Granite, welche Bestandtheile der hohen Pambakkette und des Kara-Baghischen Gebirges zwischen Ordubad und Migri bilden. Die Achsen jener älteren, in Bezug auf Ausdehnung und gegenseitige Beziehungen schwer zu erkennenden fundamentalen Urgebirgs-Zonen scheinen den Hauptdirektionslinien der entsprechenden Gebirge conform zu liegen. Die jüngeren Granite sind in der Pambakkette und bei Migri als erzführend erkannt. Quarzarme granitische Gesteine mit sehr wandelbaren Charakteren aber immer feldspathreich, führen in Verbindung mit Syeniten und Dioriten in die zweite Abtheilung, die Gesteine der eigentlichen Porphyr-Periode über. Diese Abtheilung ist die vorzugsweise metallführende. Der Quarz, zahlreiche Specien der Feldspathreihe, Hornblende, Pyroxen, Chlorit sind oryktognostische Hauptelemente dieser grossen Klasse, in welcher quarzreiche Feldspathporphyre, Talkreiche Protogyne, Syenite und mehrfarbige Hornblende Porphyre sich vorzüglich mit Felsit- und Euritgesteinen von mehr oder minder bestimmten Porphyrcharakter verbinden. Diese Feldspathgesteine schliessen sich auf

das Engste an die grosse Classe ausserordentlich mannigfaltiger quarzfreier Eruptivgesteine, welche durch zahlzeiche Abänderungen in die Felsarten der vulkanischen Periode überführen.

Die vorherrschenden oryktognostischen Elemente dieser, durch Magnesia-, Kalk- und Eisen-Silicate vorzüglich charakterisirten Uebergangs-Felsarten sind: Labrador, Olygoklas, Saussurit, Pyroxen, Amphibol, Diallag, Chlorit, Magnesia-Glimmer und Serpentin. Es sind krystallinische Gesteine von meistens dunklen, graulich-grünlichen oder schwärzlichen Farben, die als Oligoklas und Labradorporphyre, dioritische Grünsteine, Diabas, Schalstein, zeolith und kalkreiche Mandelsteine, sowie als Amphibolit, Hypersthenit und Ophit zu bezeichnen sind. Alle Ketten, in welchen diese letzteren Gesteine vorherrschen, tragen vorzüglich das Gepräge der eruptiven Entstehung auf Spalten, und oft ist das normale, ausserordentlicher lokaler Abänderung fähige Gestein, welches die Achse der Kette bildet, von einer Contaktszone bald saalbandartig begleitet, bald mantelförmig umschlossen, in welcher bisweilen palagonitartige Mandelsteine und durch kohlensaures Eisenoxydul, Kalkerde und Magnesia verkittete Breccien sich mit Kiesel- und Eisenoxydreichen Zwischenbildungen vereinigen. Die Häufigkeit des Eindringens von Eisenoxyd reichen Thonen in die Zusammensetzung der klastischen Sedimentgesteine, deren Bildung unter dem Einflusse solcher eruptiver Spaltenthätigkeiten während der Dauer der Porphyrperiode vor sich ging, beweisen auf das schlagendeste die Nothwendigkeit der Verbindung, in welcher das Hervortreten der Eisenoxyde auf dem Wege der Sublimation oder thermaler Action durch Mineralquellen vorzugsweise mit dem Erhebungsakte der Gesteine der Porphyr-Periode gestanden haben muss.

Für das Vorkommen der Erze sind die zuletztgenannten Amphibolite, Diorite und Serpentine mit ihren verwandten Nebengesteinen, von nicht geringerer Bedeutung wie die Syenite und Feldspathreichen Porphyre. Die Rolle, welche diese Felsarten in den georgisch-armenischen Gebirgen innerhalb der secundären und tertiären Periode gespielt haben, besitzt für jene Länder eine ähnliche physikalisch-geographische Bedeutung wie diejenige, welche die Eruptionsperiode der Ophite auf der pyrenäischen Halbinsel gehabt hat.[1])

Den Felsarten der beiden vorhergegangenen Abtheilungen der granitischen Reihe wie der Prophyrgesteine, schliessen sich die Bildungen der dritten Abtheilung, welche die Gesteine der eigentlichen vulkanischen Periode umfasst, so nahe und unmittelbar an, dass es oft schwer, ja unmöglich ist, die Gränze zwischen beiden genau zu fixiren. Die Quarz führenden Trachytporphyre, welche den petrographischen Charakter analoger Gebilde auf den Inseln Ponza und Zanone[2]) mitunter vollkommen theilen, entsprechen den Quarzporphyren der Eruptivreihen ebenso, wie die überaus zahlreichen Trachyte des armenischen Hochlandes mit glasigem Feldspath, Oligoklas, Hornblende und Magnesiaglimmer, sich zu den quarzfreien Feldspathporphyren, den Orthoklas und Oligoklasreichen Amphiboliten und den Ophitgesteinen verhalten. Ein gleiches Verhältniss natürlicher mitunter bis zur petrographischen Gleichheit

1) Dufrénoy. Mémoire sur la direction des Ophites, des Gypses et des sources salées des Pyrenées. Mémoires pour servir à une déscription géologique de la France. Tome II. 1834.

2) Ueber die vulkanischen Erscheinungen und Bildungen in Unter- und Mittel-Italien. l. c. pag. 16 — 27.

gesteigerten Verwandschaft besteht zwischen den Pyroxen- und Labradorporphyren mit ihren Mandelsteinen und den Basaltartigen Doleriten der vulkanischen Reihe.

So bedingt Beispielsweise am nördlichen Rande der Hochebene von Akalkalaki die von Ost nach West gerichtete Spalteneruption eines Pyroxengesteins mit den dasselbe begleitenden Mandelsteinen die antiklinale Achse eines ausgedehnten Erhebungsthales im jüngsten Kreideterrain. In der Schichtenfolge, wie sie eine Querschlucht in dem niedrigen südlichen Thalrande erkennen lässt, findet ein allmählicher Uebergang aus den Mandelsteinen in einen feinkörnigen Dolerit statt, dessen oberste Masse den Charakter einer wirklichen Lava mit rauher Oberfläche annimmt. Der Dolerit, der hier unmittelbar der Eruption des Pyroxen und Mandelgesteins aus derselben Spalte gefolgt ist und sich lagerartig ausgebreitet hat, enthält viel Olivin, ist porös und schliesst den Mandelsteinen nahe, eine grosse Menge von krystallisirten kohlensauren Kalk ein. Nach seiner Erstarrung und prismatischen Absonderung ist das Gestein in die geneigte Lage des Thalrandes von 23° gehoben worden. In östlicher Entfernung von dieser Spalteneruption ist auf der Hochebene von Zalka, parallel mit dem Amphibolitkamme der Kette zwischen Ardjewan und Tioneti pag. 367 ein Dolerit von gleicher petrographischer Beschaffenheit wie der so eben angedeutete, aber ohne Olivin aus flachen eliptischen kraterförmigen Weitungen in Form bedeutender Lavaströme hervorgetreten, die bis auf die Thalebene des Kur verfolgt werden können.[1])

Die genetischen Beziehungen zwischen den Feldspathgesteinen der Porphyrperiode und der vulkanischen Periode, deren successive Durchbrüche so häufig in ein und derselben Erhebungsachse statt gefunden haben, sind mit grosser Bestimmtheit in der nahen Uebereinstimmung der chemischen Elementar-Zusammensetzung dieser Felsarten von der grössten physikalischen Verschiedenheit zu erkennen, von welchen die folgende Tabelle einige Beispiele liefert.

	1. *Obsidianporphyr. v. grossen Ararat.* Specif. Gew. 2,394	2. *Euritporphyr vom Besobdal.* Specif. Gew. 2,656	3. *Dichter Ophit vom Takjaltou.* Specif. Gew. 2,6305	4. *Saalbandgestein der Nro. 3.* Specif. Gew. 2,699
Kieselerde	77,60	76,66	74,36	58,72
Thonerde	11,79	12,05	13,09	12,41
Eisenoxyd	2,17	3,47	1,24	13,34
Kalkerde	1,40	1,25	0,31	4,93
Talkerde	0, 0	0.	0,51	1,02
Kali	2,30	2,94	3,54	0,12
Natron	4,21	3,53	5,02	7,41
Glühverlust	0,61	1,12	0,64	1,65
	100,18	101,01	98,71	99,60

Ueber die Felsarten 1. und 2. findet sich das Nähere in meiner Schrift: Ueber die geologische Natur des armenischen Hochlandes, in dem Anhange über die Natur der vulkanischen

1) Bulletin de la Classe physico-math. Tome XVI. Nr. 22. pag. 347.

Gesteine in Transkaukasien pag. 29 bis 67. Dorpat. 1843. Die Analysen der Nro. 3 und 4 sind einer noch unvollendeten Arbeit über die Eruptivgesteine der kaukasischen und armenischen Gebirge entnommen.

Unter der Nro. 3 ist das Centralgestein einer merkwürdigen Eruptivzone verstanden, welche in paralleler Richtung mit der vulkanischen Achse, die das armenische Hochland von W. 39° 20 N. durchsetzend im höchsten Grade zerrüttend und dislocirend auf die Lagerungsverhältnisse der tertiären Steinsalz-Formation von Kulpi am oberen Eingang zur Araxes Ebene eingewirkt hat. Tab. VI. Prof. I. Die mannigfaltigen Felsarten, welche nächst den Ophiten an der Zusammensetzung dieser Eruptivzone Theil nehmen sind: dunkelbraune, an kohlensaueren Erden und Eisenoxyd sehr reiche Mandelsteine, Diallag- und Chloritgesteine, Asbest einschliessende Serpentine und dichte Varietäten des Lherzolith.[1]) Das Gestein der Nro. 3. bildet den spitzkegelförmigen und culminirenden Höhenpunkt der ganzen Zone, in welchem Dubois einen vulkanischen Kegel vermuthete.[2]) Die Felsart ist als ein schmutzig grüner, mitunter bräunlicher, krypto-krystallinischer Syenit oder besser als eine kieselreiche Ophitvarietät zu betrachten. Die Felsart 4, welche jene seitlich begleitet und mantelförmig umschliesst, drängt als dunkelbrauner sehr eisenreicher feinkörniger Ophit in mächtigen und steilen Felsmassen entwickelt, gleichgefärbte Conglomerate und Mandelsteine zur Seite, welche sich überall an dem centralen Ganggestein empordrängen. Die Mandelsteine von porodiner palagonitähnlicher Grundmasse sind ausserordentlich reich an Kalkspath, strahligen Zeolith und Dolomit, die magnesiareichen Hydrosilicate der Serpentinfamilie in engster Verbindung mit metamorphischen rostbraunen Gabbrobildungen schliessen sich diesen Felsarten unmittelbar an. Die dynamischen Wirkungen, welche von diesen eigenthümlichen eruptiven Spaltungen auf die sedimentären Schichten ausgingen, sind hier eben so evident wie die Unmöglichkeit, petrographische Resultate gleichzeitiger hydro- und pyrochemischer Action[3]) dieser Art, welche im Gebiete der secundären wie der tertiären Periode für Armenien fast die Regel bilden, etwa nach den Grundsätzen des heutigen Neptunismus deuten und erklären zu wollen.

Die Erzlager im Kaukasus und Armenien

haben dem Vorhergegangenen zu Folge ihren eigentlichen Sitz in den Oben näher bezeichneten Contaktzonen, welche die vorzüglichen Sphären der Umwandlungen begreifen, die von den krystallinischen Gesteinen der Porphyrreihe auf die von denselben durchbrochenen Sediment-Bildungen ausgingen. In diesem Sinne giebt die wissenschaftliche Sprache den Erscheinungen völlig natur- und sachgemässen Ausdruck, wenn sie von metallischen Injectionen und deren Anhäufungen redet, welche netzförmig sich durchkreuzende metallische Adern unter einander,

1) Naumann. Lehre der Geologie. Tome I.

2) Dubois voyage au tour du Caucase. Tome III. pag. 324.

3) Mit diesen von Naumann vorgeschlagenen Beiworten mögte ich das Wesen eines metamorphischen Processes bezeichnen, dessen Existenz Daubrée entdeckte, und dessen künstliche Einleitung zur Darstellung des krystallisirten Quarzes, zur Umbildung des Obsidians in Feldspath, zur Feldspathisation der Thone und zur Bildung der Pyroxene geführt hat. Daubrée l. c. pag. 12 — 18.

in bald grösseren bald geringeren Entfernungen verbinden. Hiermit ist zugleich die eigentliche und wahre Form bezeichnet, in welcher die Oxyde und geschwefelten Erze des Eisens, des Kupfers, des Bleies, des Zinks in allen Theilen Transkaukasiens vorzugsweise angetroffen werden. Reine Spaltenausfüllungen *filons-fentes* als Erzgänge mit parallelen Wandungen, die scharf durch das ältere Gestein setzen, kommen mitunter vor; sind aber sowohl im Kaukasus wie in den georgisch-armenischen Gebirgen belanglos den mächtigen Contaktsinjectionen und Stockförmigen Anhäufungen gegenüber, welche in linearer Richtung entwickelt metallische Zonen bilden, die gewöhnlich der Achsenrichtung der Gebirgsketten conform, als die seitlichen Begleiter der gangartig auftretenden krystallinischen Gesteine gefunden werden. Die Bildungsform paralleler Spaltenausfüllungen durch metallische Verbindungen, welche der vulkanischen Region des Erdinneren auf eruptivem Wege entstiegen, scheint das Privilegium älterer Bildungsperioden gewesen zu sein als diejenigen, welche die Entwickelungsgeschichte des Kaukasus einschliessen. Eben deshalb auch die auffallende Armuth dieses, sowie der armenischen Gebirge an jenen oryktognostischen Körpern und metallischen Verbindungen, wie sie z. B. die Contakt- und Gangzonen der ältesten Eruptivgesteine im paläozoischen Terrain des Ural, der skandinavischen Gebirge, des Erzgebirges etc. auszeichnen. Die kaukasischen Gebirge nehmen in der geologischen Reihenfolge der Formationen eine sehr junge Stellung ein, ihre orographischen Entwickelungsperioden gehen der vulkanischen Epoche vielleicht zu nahe voran, um in den Gesteinen dieser Gebirge diejenigen Elemente und ihre oryktognostischen Combinationen erwarten zu dürfen, deren Empordringen an die Oberfläche, nach den sehr beachtenswerthen Ansichten Elie de Beaumonts vorzugsweise an die vulkanischen Reaktionen älterer Perioden geknüpft sind. [1])

Das Dasein der Erzzonen wie der stockförmigen Erzanhäufungen, verräth sich durch gewisse an die Physik des Bodens geknüpfte frappante Erscheinungen, wie z. B. das plötzliche oder allmählige Auftreten thoniger, durch Eisenoxyd lebhaft gefärbter Zersetzungsprodukte cavernöser amorpher kieselreicher Felsarten, deren Farbenkontraste und verworrene Strukturverhältnisse bisweilen in überraschender Weise an Aehnliches erinnern, was Solfataren und die Krater erloschener Vulkane darbieten.

Die Vertheilung der Erze in diesen Zonen ist eine sehr ungleiche; sie unterliegt in dessen bestimmten Regeln, welche das geologische Verständniss des ganzen Gebirgsbaues in Verein mit den lokalen bergmännischen Frfahrungen an die Hand geben, die gemacht werden müssen. Der Bergbau der kaukasischen Länder ist in der Hauptsache nicht auf regelmässige Lagerstätten alter Gangsysteme, sondern auf die unregelmässigen und zwar vorzugsweise solche Contaktslagerstätten angewiesen, welche in der Berührungszone zwischen den eruptiven oder pyrogenen Gesteinen und den in der Nähe und dem Umkreise der Letzteren aufgerichteten Sedimentbildungen ihren Sitz haben, auf welche grosse und bedeutende Erwartungen von der

1) Elie de Beaumont. Note sur les émanations volcaniques à metallifères. Bulletin de la soc. geol. de France. Seconde série. Tome IV. pag. 1295, 1298 und 1300.

Produktivität des uralten kaukasischen Bergbaues zu basiren sind. Man darf die Hoffnung hegen, dass die Wiederaufnahme dieses Bergbaues seiner ehemaligen früheren Bedeutung eben so entsprechen wird, wie dies in neuerer Zeit mit dem Bergbau von Toscana der Fall gewesen, wo die geologische Geschichte der erzreichen, in die Periode der Ophit- und Serpentineruptionen gehörigen Gebirgssysteme und Ketten die frappantesten Analogieen mit gleichwerthigen Bildungen darbieten, welche in Armenien, dem alten Iberien, wo das *Tubal* der Alten zu suchen und zu finden ist, mit dem vollsten Rechte den Namen der Erzgebirge verdienen. Gewiss ist es aber, dass nur dann, wenn die prinzipiellen Ansichten über die Entstehungsweise der Erze einer in metallurgischen Angriff zu nehmenden Region klar und fest stehen, eine richtige und consequente Leitung der Arbeit erfolgen kann und dass nur unter dieser Bedingung günstige Resultate sich auf die Dauer einstellen können.

Die ganze Geologie des Kaukasus mit ihren unerschöpflichen Belegen für die Häufigkeit der Erzlager und das Abhängigkeitsverhältniss worin sich dieselben überall von den eruptiven Gesteinen, zumal der Syenite und der chloritischen und magnesiareichen Felsarten der Porphyrreihe befinden, muss aber auf das Bestimmteste dem Prinzipe der Fortsetzung und Zunahme der metallischen Gangzonen nach der Tiefe das Wort reden. Ist einmal das Dasein einer wirklichen gangförmigen Erzzone von bedeutender Ausdehnung erkannt, so wird eine anfänglich getäuschte Erwartung die sich auf oberflächliche Anbrüche in geringer Tiefe gründete, vor eintretender Verarmung derselben nicht zurückschrecken dürfen; vielmehr werden die Mittel zu verdoppeln sein, um die mit Sicherheit zu erwartende Wiederkehr reicherer Anbrüche in der grösseren Tiefe zu suchen und durch gleichzeitigen Verfolg mehrerer Erzverzweigungen in der ganzen Zone einen regelmässigen Betrieb vor den unvermeidlichen Wechseln zwischen reichen und armen Erzmitteln sicher zu stellen, welche wie die Erfahrung lehrt, in jeder Tiefe vorkommen können.

Die allgemeine Gültigkeit dieses Grundsatzes hat in ihrer Anwendung auf die regelmässigen Erzlagerstätten auf Parallelgängen in neuerer Zeit in allen Grubengebieten Europas eine Bestätigung gefunden, wo eintretende Verarmung der Gänge den Verfolg derselben in grösseren Tiefen nach grade zur Lebensfrage des Grubenbetriebes ganzer Districte gemacht hatte. In Bezug auf die unregelmässigen Lagerstätten, in Form von Nestern, unregelmässigen Gangbildungen und Stockwerken, hat unter Anderen die Wiederaufnahme der alten Gruben in Toskana, welche den Ruf des Erzreichthums des alten Etrurien begründeten, den aufgestellten Grundsatz des Fortgehens der Erzlagerstätten nach der Tiefe durch glänzende Erfolge bestätigt und zugleich die genaue Abhängigkeit des Erzvorkommens von der eruptiven Natur des Serpentins in lehrreicher Weise bewiesen. Die interessanten Lagerungsverhältnisse und der Reichthum der in vermehrter Tiefe aufgefundenen Buntkupfererze von Monte Cattini [1]) und Rocca Tederighi liefern hierfür die vorzüglichsten Belege. In der Berggruppe von Monte-Cattini westlich von Volterra findet sich das Kupfererz, in abgeplatteten Concretionen der ver-

1) Burat. Etudes sur les Mines. Paris. 1845. pag. 214 — 221.

schiedensten Grössenverhältnisse, serpentinreichen saalbandartigen Contaktzonen eingesprengt, die sich dem mächtigen Gange eines normalen Serpentins von gleichen Charakteren wie die Eruptionsmassen der benachbarten Kette anschliessen. Die thatsächliche Zunahme der grösseren Concentrirung des Erzes in vermehrter Tiefe, belohnte die Beharrlichkeit consequent gesteigerten Betriebes unter Anderen durch die Entdeckung linsenförmiger reiner Erzmassen von Buntkupfererz von 300 Kubikmeter. Die Verbreitung bauwürdiger Erze im Kaukasus its nach den bis jetzt gemachtsn Erfahrungen nur auf den Theil des Gebirges beschränkt, wo krystallinische Gesteine der Granit und Porphyrreihe in Verbindung mit krystallinischen Schiefern als die bestimmten Träger der Richtung der Ketten erscheinen.

Zahlreiche Gangbildungen des reinen Quarzes wie des Kalkspathes sind in dem Gebiete der kaukasischen Schiefer sehr häufig und mehren sich stets mit der Annährung an die krystallinischen Ganggesteine der Achsenregion des Gebirges. Die Abwesenheit von metallischen Verbindungen in diesen Gebieten, deren Bergkrystall-Drusen aus der Umgebung des Kazbek eine verdiente Berühmtheit besitzen, erleidet mitunter aber selten eine Ausnahme.

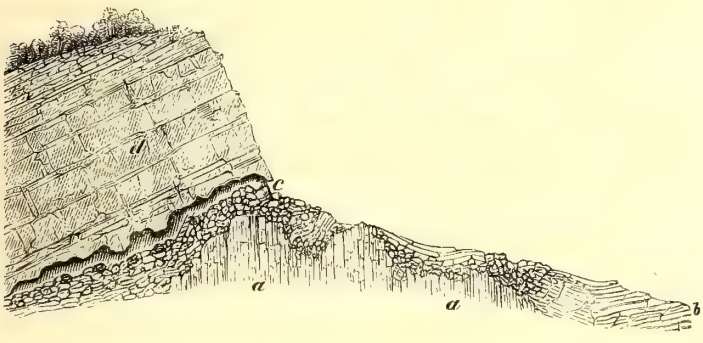
Die bedeutendesten bis jetzt bekannten Ausnahmen dieser Art beruhen in den Schwefelkies und Schwefelblei führenden Gängen, welche in dem sehr zerrütteten Schieferterrain der Basis des dolomitischen Schach-Dagh mit einer Richtung von Hora 8 aufsetzen. Wirkliche Gangbildungen von schwefelsauren Baryt als Träger von armen Blei und Kupfererzen fand ich nördlich vom Elburuzkegel im Kassaut-Thale in der Richtung von W. 29° O., die Schieferformation im Liegenden der Kohlensandsteine der Juraformation durchsetzend. Sehr wichtige Aussichten auf Metallgewinnung haben sich in neuerer Zeit an jenen Theil des nördlichen kaukasischen Gebirges geknüpft, wo die grossartigste Entwickelung des Hochgebirgs-Charakters zwischen dem Kazbek und Elburuz auf den vorherrschenden Antheil beruht, den Granite, Diorit- und Porphyrgesteine in Verbindung mit krystallinischen Schiefern an dem Baue der Central-Region nehmen; Felsarten welche in der ganzen südöstlichen Hälfte des Gebirges dagegen in auffallender Weise zurücktreten. Mit dem vollendesten Gepräge einer centralen alpinen Massenerhebung bezeichnet hier der Conguti-Choch den Theil des Hochgebirges wo mit der eintretenden Gablung in der Kammregion die Reihe der ossetinischen Kesselthäler gegen Osten beginnt. Alle in dem Vorhergegangenen berührten Bedingungen vereinigen sich in der geologischen Natur dieses imposanten, Gletscher nährenden Gebirgsstockes, um von den Anzeichen geschwefelter Erze des Kupfers und des Bleies im Inneren der nördlich herabziehenden Thäler auf verbreitete Erzlager im Umkreise dieses Systems schliessen zu dürfen. An der nördlichen Basis des Conguti-Choch wird der orographische Charakter der tiefen und breiten Thäler, welche die hohen sekundären kaukasischen Vorketten von dem Central-Gebirge trennen, wesentlich durch die Erhebungen bedingt, welche feldspathreiche Eruptivgesteine der Porphyrreihe, von jüngerem Alter als die Granite und krystallinischen Schiefer der centralen Gebirgsregion veranlassten. Diese Erhebungen bilden gewölbte Hochrücken, welche zonenartig verbunden, dem Hochgebirgskamme nahe parallel liegen und die Querjöcher rechtwinklich durchsetzen. Der Culminationspunkt einer solchen Zone erhebt sich auf dem breiten, Gewon genannten Querjoche zwi-

schen den Gauen von Digori und Alagir. Das Gestein besitzt den Charakter eines Feldspath- und Oligoklasreichen Protogyn mit chloritischer Beimengung von grosser petrographischer Mannigfaltigkeit. Diese Felsart hat die stärksten Zerrüttungen auf das von demselben durchbrochene und emporgehobene Schieferterrain ausgeübt und eine durch kavernöse, eisenoxydreiche Quarz-und Gypsausscheidungen besonders charakterisirte Contaktzone hervorgebracht, in welcher silberhaltiger Bleiglanz in Verbindung mit Blende auf höchst unregelmässiger Lagerstätte unter quantitativen und geognostischen Verhältnissen erscheinen, die keinen Zweifel darüber lassen konnten, dass es sich hier um irreguläre metamorphische Erzlager von grosser Bedeutung handelt. Die Contaktzone ist durch örtliche Verhältnisse begünstigt, zunächst in der Tiefe einer Seitenschlucht des Nari-Donthales bei Sadon auf einen Bleiglanz von 4 bis 5 Solotnik Silbergehalt im Mittel in Angriff genommen worden. Der geognostische Verfolg des Erzausgehenden zwischen dem talkreichen Protogyn und dem Schiefer zeigte mir im Jahre 1849 in dem Gau von Digori, in 12 Werst Entfernung von Sadon das sehr beträchtliche Vorkommen ähnlicher Bleierze von 4,37 Solotnik Silber im Pud Erz im Gletscherthale von Dony-Syr, welches vom Aul-Strufas zum Conguti-Choch emporführt. Von dem bedeutenden Ausgehen geschwefelter Kupfererze im benachbarten Conguti-Komthale nahe der Schneelinie erhielt ich gleichzeitige Beweise. Das fernere Erscheinen der jüngeren feldspathreichen und euritischen Eruptivgesteine durch die Hochthäler von Balkarien, Chulam, Tschegem, Baksan bis zu dem granitischen Grundgebirge des Elburuz scheint in ursächlicher Beziehung zu den Spuren von silberhaltigem Bleiglanz zu stehen, welche in jenen Thälern zum Vorschein kommen, deren Bevölkerung ihren Bleibedarf sich notorisch in der Nähe selbst verschafft. Der *Korgouschin-Tau*, Bleiberg, wo sich Spuren alter Gruben finden, bezeichnet die Kammhöhe des Querjochs zwischen dem Baksan- und Malkathale und führt zu den Schnee- und Gletscherfeldern des Elburuz hinan. Die Geologie der ganzen in dem Vorhergehenden berührten Central-Region des nördlichen kaukasischen Gebirgsabfalles zwischen Kazbek und Elburuz lehrt, dass das eruptive Erscheinen der Feldspath-, Felsit- und grünen Labradorgesteine keineswegs chronologisch gleich begränzt war, sondern dass ein solches successiv mehrere geologische Perioden hindurch fortgedauert haben muss. In den genannten Thälern können sich mithin Erz-Lagerstätten sehr verschiedenen Alters vereinigen, die eines Theils centralen Massenerhebungen, andern Theils zonenartigen Durchbrüchen gefolgt sind.

Auf der Südseite des Kaukasus tritt die vorzugsweise häufige Verbreitung des Eisens in unzweifelhafte Verbindung mit dem überwiegenden Einflusse den gesteigerte Vulkanität durch vermehrte eruptive Spaltenthätigkeit auf die petrographische Ausbildung der secundären und tertiären geologischen Formationen in der Region der grössten Depression und der stärksten Brüche zwischen den kaukasischen und armenischen Massenerhebungen ausgeübt hat. Dioritische Grünsteine und doleritische Labrador, Oligoklas und Pyroxengesteine mit den ihnen eigenthümlichen analzimreichen Mandelsteinen sind den Spaltenwirkungen von O.-W. in Karthalinien, Imerethien und Mingrelien besonders häufig gefolgt und haben theils auf Contaktzonen, theils durch lokale metallische Injection häufige Ablagerungen oxydischer Eisen- und

Mangan-Erze veranlasst. Die Eisenschlacken, welche in Imerethien und Mingrelien so häufig und zumal in den Wäldern bisweilen in besonders starker lokaler Anhäufung gefunden werden, scheinen zu beweisen dass die metallurgische Thätigkeit der Bewohner bereits in sehr früher Zeit sich an diese günstigen Verhältnisse geknüpft hat.

Ein interessantes Beispiel für die gegenseitigen geognostischen Beziehungen zwischen den Eruptivgesteinen und den Eisenerzen in Imerethien liefert das Innere der schon lange bekannten Gruben die sich im oberen Djedjora-Thale auf der Gränze zwischen Radscha und Ossetien in der Nähe des Dorfes Tsédis [1]) finden. — Ein grünsteinähnliches Pyroxengestein, welches mit seinen begleitenden thonigen Mandelsteinen einer nördlichen Parallele der pag. 366 berührten Eruptivzone des Syrch-Laberta zu entsprechen scheint, bildet die Längenachse des ostwestlich gerichteten hohen Scheiderückens zwischen den Kwedruli-Thale und dem Gau von Kudaro. Das Eruptivgestein hat hier hebend und dislocirend auf eine ansehnliche, der oberen Abtheilung der Kreideformation angehörige Schichtenfolge dichter korallenreicher Flötzkalke eingewirkt, und tritt in einem hohen, *Veluanta* genannten Rücken dieser Formation unter Umständen auf, welche der beistehende Holzschnitt erläutert:



a. Das grünsteinartige Labrador und Pyroxen führende Eruptivgestein.

b. Eisenschüssige Thone mit schiefrigen Mergeln wechselnd.

c. Durch Einsturz zertrümmerte Contaktgesteine.

d. Der dichte Flötzkalk des Veluanta-Berges.

Am Fusse der steilen Felswand welche die gegen NNO. unter 22 Grad einfallenden Kalkschichten des Veluanta bilden, öffnen sich in dem Felsen spaltenartige Weitungen, welche durch den Einsturz einer aufgehobenen Felspartie entstanden scheinen. Zwischen diesen Spalten befindet sich der Eingang zu einer umfangreichen Höhlung bei *c*. welche sich mehrfach verzweigend in der Richtung von hora 5. bis 6 in das Innere des Berges erstreckt. Sie verfolgend gelangt man immer steil hinabsteigend in ein weiteres System von Höhlungen. Der Kalk selbst enthält keine Eisenerze eingesprengt, wohl aber zeigen sich bald Spaltenausfüllungen, welche der Einsturz blosslegte. Sie bestehen aus einem innigen Gemenge von derben Eisenglanz und Rotheisenstein, unter Vorherrschen des Letzteren. Es bildet das Erz herumschwärmend zwischen den grösseren Blöcken gangartige Nester, welche sich zuweilen zu sphärischen Massen vergrössern, in welchen vortreffliche Erzmittel in grossen Quantitäten ausgeschieden sind und massige Butzen bilden. Immer aber stehen diese Massen durch Nebenausläufer mit anderen Verzweigungen in Form kleiner Erzgänge in Verbindung,

1) Brosset, déscription geogr. de la Géorgie. pag. 379.

so dass ein systematischer Abbau dieser unregelmässigen Lagerstätte sehr wohl zu führen wäre, den der ganz rohe Betrieb der Gruben von Seiten der radschinischen Bewohner natürlich ausschliesst, welche das Verfahren der kathalonischen Schmiede zur Erzaufbereitung in Anwendung bringen.

Das Eisenerzvorkommen von Tsédis ist mit seinen geognostischen Verhältnissen in der That maassgebend für eine Vielzahl von Lokalitäten wo Anhäufungen von Eisenoxyd oft in Form von rothen Glaskopf auf Contaktzonen ähnlicher krystallinischer Gesteine in den Thälern von Radscha, Imerethien, Mingrelien und Gurien anzutreffen sind. Eine weitere Aufzählung dieser Lokalitäten jetzt nicht bezweckend, erwähne ich hier nur noch eines Eisenerzvorkommens, welches die ganze Intensität eines unter hydrochemischen eruptiven Einflusse vor sich gegangenen Emanationsprocesses mit der grössten Deutlichkeit versinnlicht und erkennen lässt, wie sich derselbe an das Durchbrechen eines Mandelsteinreichen Pyroxengesteins geknüpft hat.

An dem westlichen Saume der von O.-W. gerichteten Granitwölbung von Liki und Lichoni der eigentlichen Grundformation des Karthli-imerethinischen Gränzgebirges pag. 381 am Zusammenflusse der Dzirula und Tschkherimela ohnweit Schroscha bildet eine unreine, dem Granit auflagernde Arkose das Liegende eines der oberen Kreideformation zugehörigen in viele Flötze zertheilten sehr Crinoidenreichen Kalksteins. Das so eben angedeutete Eruptivgestein durchsetzt hier in hora 6. den Granit mit den ihm aufliegenden Sedimentbildungen. Die ursprünglichen Kalkschichten sind von dem Pyroxengestein an auf das stärkste gefaltet, zusammengepresst und bis zur widersinnigen Lagerung übergebogen. Der Kalk dieser Schichten zum grössten Theil durch Eisenoxyd substituirt, ist in ein vortreffliches Eisenerz verwandelt, welches in breitester Contaktszone sich dem krystallinischen Gestein anschliesst. Die wahrscheinlich thermalen Emanationen und lange anhaltenden metamorphischen Aktionen, welche an der bezeichneten Stelle sich vorzugsweise concentrirt zu haben scheinen, konnten ihre Wirkungen in der Richtung dieses Spaltendurchbruchs im Thale der Tschkherimela abwärts bis zur Vereinigung mit der Qwirila ausbreiten. Diese Bildungsphänomene an der Dziroula, völlig gleichwerthig mit denen, welche das Vorkommen des Manganhyperoxyd in dem benachbarten Sazeretlo bedingten, worüber ich ausführliche Mittheilungen im Bulletin der Akademie gegeben habe[1]) unterstützen die Ansicht, welche die lange statt gehabte Wirkungsdauer metallischer Emanationen in älteren wie in jüngeren Perioden in eine nothwendige Verbindung mit nahe vorangegangenen oder gleichzeitigen, Gebirgssysteme ausbildenden Spaltenerhebungen stellt.

Die Erzlagerstätten in Georgien und Armenien

sind wie im Kaukasus vorzugsweise den Erhebungsrichtungen von O-W. und von SW.-NO. untergeordnet mit deutlichen Beweisen, dass auch der Erhebung von N-S. häufig ein mitwirkender Einfluss zuzuschreiben ist. Unter den Metallen welche diese Gebirge besitzen nehmen das Eisen und Kupfer einen dergestallt überwiegenden Rang ein, dass die grosse metallurgische Bedeutung des alten Iberiens, einzig und allein auf der häufigen und umfangreichen Verbreitung der Eisen und Kupfererze beruht haben muss.

1) Bulletin de la classe physico-mathématique. Tome XVI. Nro. 22.

Blei und Silber sind bis jezt nur von geringer Bedeutung gewesen; der lange behauptete aber nie bewiesene Werth von Lagerstätten des allerdings im *minimum* vorhandenen Goldes hat in neuerer Zeit wiederholten Nachforschungen zur Folge in die engsten Gränzen der Unbedeutenheit zurücktreten müssen.

Eine ungleiche aber ausgezeichnete Wichtigkeit für das Vorkommen der Eisen- und Kupfererze besitzen die latitudinalen georgisch-armenischen Randgebirge der taurisch-armenischen Plateauerhebungen. In den achalzikimerethinischen und den trialethischen Ostwestketten pag. 7, welche von Seiten des Eruptivcharakters ihrer Bildungen den geologischen Horizont der imerethinischen Formationen theilen, sind Contaktzonen reich an Eisenoxyd und rothen Glaskopf im Zupsathale vielleicht belangvoll; alter Grubenbau aber ist in jenem Thale bis jetzt noch nicht nachgewiesen worden.

Dagegen verdient der zweite ostwestliche Parallelzug, das Ljalwar-Gebirge in Somkethien pag. 7. (Ljal-war; hier ist Erz) seinen Namen in der That und würde auch heut mit Recht das georgische Erzgebirge genannt werden können. Die somkethischen von den tiefen Thälern des Debeda- und des Pambakflusses durchschnittenen Gebirge bestehen weniger aus geschlossenen Ketten mit ununterbrochener undulirender Kammlinie, vielmehr werden sie aus einer Anzahl von orographischen Systeme gebildet von denen einige eine selbstständige Stellung gewissermaassen in gesehlossener Centralisirung einnehmen; die Mehrzahl der Berge zeigt sich aber dergestalt aneinandergereihet, dass eine naturgetreue topographische Auffassung dieses Gebirgsganzen niedrige Theile desselben in bestimmter linearer Erstreckung als Zonen anzugeben hat, welche die centralen Erhebungssysteme zwischen sich aufnehmen oder untereinander verbinden. Für die Gebirgstheile in linearer Erstreckung herrscht die Erhebungsrichtung von O.-W. oder O. 11° S. als Hauptachse vor, obschon sich dabei auf die Richtungen von SO.-NW. noch deutlich, mehr versteckt dagegen die von N.-S. einstellen. Die feldspathreichen Repräsentanten der Gruppe der Prophyrgesteine hier in unzertrennlicher Verbindung mit Quarzporphyren, so wie grünsteinartige Pyroxen und Labradorgesteine mit chloritischen und kalkigen Beimengungen setzen beinahe ausschliesslich die besprochenen fundamentalen Gebirgsglieder zusammen. Eine sehr mächtige Formation der Rudisten, Nerineen und Akteonellen Kalke, welche innerhalb des von dem Pambak und Goktschaigebirge eingenommenen Gebietes den krystallinischen Gesteinen auflagert, ist im somkethischen Gebirge auf eine äusserst extreme Weise aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht und in eine Vielzahl mehr oder minder weit von einander entfernter Theile zerlegt worden. Einzelne Theile dieser Formation erscheinen an den Abhängen der von den Centralhöhen des Gebirges herabziehenden Rücken, wie in den Tiefen der Thäler mit den ihnen auflagernden Schichten der oberen Senonbildungen, von gleicher Streichungsrichtung beherrscht; andere dagegen ruhen auf bedeutenden Felshöhen und gewinnen daselbst als aneinandergereihete alpine Plateau-Massen eine grosse Ausdehnung. Die Steilabfälle der Schichten dieser Kalkformationen begränzen, den Hauptthälern zugewendet mit oft gradlinig fortlaufender Kammlinie die oberen Thalwände auf das Schärfste. Die Ruhe die sich in den horizontalen Linien der sedimentären Bildungen in der Höhe ausprägt, contrastirt auf das Stärkste

mit den Formenentwickelungen in vertikalen Dimensionen, welche die Massen der Eruptivgesteine verschiedener Perioden darstellen, die in der Tiefe der Thäler zu Tage gehen. Unverkennbar durchdringen diese gangförmigen Felsarten die krystallinischen Gesteine und die klastischen Zwischenbildungen, welche das Liegende der Kalkbildungen darstellen, und erfüllen den Raum, den sie durch Verdrängung präexistirender Gesteine gewonnen mit Gebilden, deren physikalische Merkmale als Mandelsteine etc. die überraschendesten Aehnlichkeiten mit ächtvulkanischen Erzeugnissen vorführen. Ein grosser Theil dieser wichtigen Verhältnisse, so wie der tiefere Einblick in die fundamentale Formation der in dem Thale der Debeda gestattet ist, würde der Beobachtung entzogen sein, wenn die einschneidende Kraft der Gewässer nicht die enorme Lavabedeckung zum Theil wieder hinweg geräumt hätte, welche von der pag. 386 erwähnten meridianen Vulkanreiche des östlichen armenischen Plateaurandes von Akalkalaki und Gymri ausgehend, über Gebirgsrücken hinweg die Thäler des Gebirges ausfüllte, dessen damalige Physik von der heutigen nur wenig verschieden gewesen sein konnte. Die kegelförmige centrale Massenerhebung des Ljal-war, in der Gipfelregion aus grünsteinartigem Pyroxen und Labradorgestein gebildet, besitzt einen regelmässigen von breiten Schluchten durchfurchten Abfall gegen Norden. Gegen Süden senkt sich ein grosser Circus von 3 Werst im Durchmesser von der Höhe als Hauptbaranco sich verengend, in der Richtung S. 40° O. zum Debedathale hinab. In seiner Tiefe werden die berühmten Kupferze von Alaverdi auf unregelmässigen Injektionszonen abgebaut. Die Haupterhebungsachse des somkethischen Gebirges von O.-W. durchsetzt das System des Ljal-war. Gegen Westen bedingt sie die Lage und Richtung des Sejan-Hochrückens, welcher orographisch mit dem circusförmigen Ljal-war-Gipfel verbunden ist. Gegen Osten setzt die Hauptachse durch die niedrige aber zusammenhängende Bergkette von Myskhana fort. Sowohl innerhalb dieser Erhebungsachse wie parallel mit derselben findet sich die Mehrzahl der Erzlager die das Ljal-warsystem auszeichnen, theils auf mehr oder minder regelmässigen Gängen, hauptsächlich aber auf unregelmässigen Gang- und Contaktzonen. Aus den im Schwerspath aufsetzenden Gängen von silberhaltigen Bleiglanz mit Schwefelkies und Blende soll bei Akthala im Myskhana-Gebirgszuge, noch zur Zeit des georgischen Königs Heraclius II. 1763 Silber und auch Gold gewonnen sein. Als Resultate lang andauernder metamorphischer Action auf hyrdochemisch-epigenisirenden Wege sind die reichen Kupferkies-Concretionen bei Schamlugk in einem nördlichen Parallelthale von Akthala zu betrachten, deren Betrieb aus Mangel an Wasserabzug stockte. Die Gruben von Djambachtscha bauten im Norden des Ljalwar auf Kupfererz führende Gänge von O. 15° N. Ebenso ähnliche im westlichen Sejangebirge südlich vom Passe Agsboeuk und ohnweit Haidarbek. Der nördliche Anfang einer grossen meridianen Zone von unregelmässigen Ablagerungen eines blättrigen Eisenglanzes der ausgezeichnetesten Beschaffenheit wurde von mir in dem niedrigen Gebirgszuge des Damyr-Tasch auf der linken Seite des Thales von Bolnis ohnweit der deutschen Colonie Katharinenfeld 1849 erkannt. Feste quarzreiche Euritporphyre verschiedener Abarten stehen in allen unteren Theilen der Berggehänge im Innern des Bolnisthales an. Die Quarzbeimengung ist nicht krystallinisch, sondern bildet mehr oder minder cylindrisch- und walzenförmig gestaltete Körper,

die wie eingeknetet in der hornsteinähnlichen Grundmasse zusammen mit Feldspathkrystallen erscheinen, die gleichfalls keine scharfe Begränzungen sondern abgerundete Oberfläche besitzen. Diese sonderbaren Feldspathgesteine werden von gangförmigen Spaltungen durchsetzt, welche die Lagerstätten nesterförmiger durch netzförmige Adern miteinander verbundener Eisenglanzmassen bilden. Diese Erzmassen setzen in einem grünlichen magnesiareichen Thone in Begleitung von erdigem Chlorit auf und sind in ihrer gangartigen unregelmässigen Vertheilung saalbandartig eingeschlossen von einem grünlich-thonigen Porphyrgestein von schaalenförmigen Strukturverhältnissen. Ganz verschieden von diesen Quarzporphyren und ihren schaalsteinartigen Nebengesteinen, in welchen und durch welche die Erze gangförmig aufsetzen, sind grünlich graue feste Felsitporphyre mit wohlausgebildeten weissgelblichen Feldspathkrystallen. Diese Gesteine durchbrechen die Quarzporphyre und scheinen hier die eigentlichen Träger der Eisenerze zu sein.

Die Richtung der Gänge ist NNW.-SSO.; es ist dieselbe des Hochrückens der die Achse des Bolnis-Thales bestimmt. Ein zweites System von gleichen Eisenerz-Ablagerungen folgt der Richtung O-W. Bei näherer Betrachtung zeigt sich auch der Damyr-Tasch als ein selbstständiges Erhebungssystem, in welchem eine grosse Anzahl von Einsenerzgängen sich zu schaaren scheinen. Noch wahrscheinlicher machen diesen Schluss die zahlreichen alten Gruben, von welchen einzelne Theile des waldbedeckten Abhanges des Berges buchstäblich durchbohrt sind. Keine dieser Gruben verräth nur eine mässige Tiefe; sie liefern in ihrer Regellosigkeit den Beweis, dass ein System von Gängen vorhanden ist, die nach verschiedenen Richtungen streichen und vielleicht mit einem mächtigen tiefer liegenden Erzstock in Verbindung stehen.

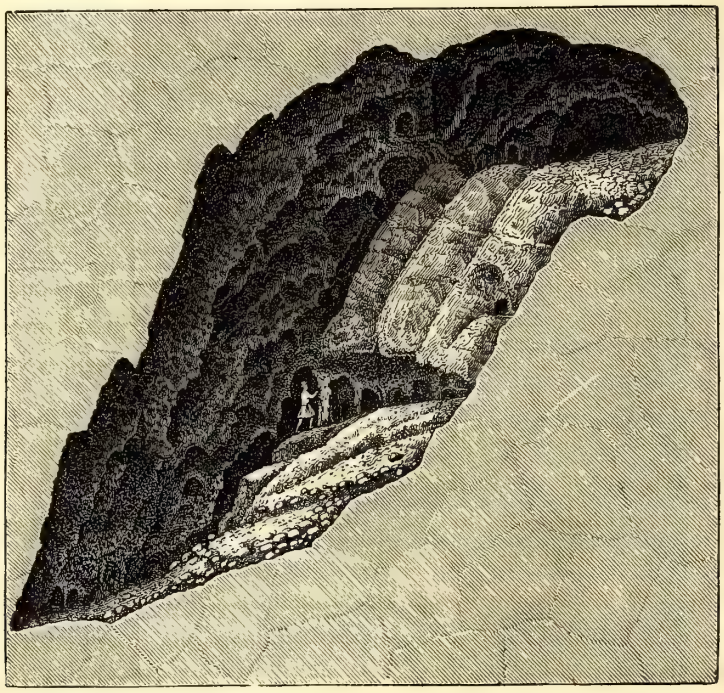
Der nicht zu bezweifelnde Reichthum von Eisenerzlagern von einigen 60% Gehalt, in Verbindung mit günstigen Lokal-Verhältnissen die sich auch auf den Holzkohlenbedarf erstrecken, wird der Zweckmässigkeit einer Hüttenanlage im Bolnis-Thale dauernd das Wort reden müssen. Der Westabhang des Damyr-Tasch geht in die Seitenwände eines Thales über wo die einst berühmten Gruben von Tamblut wegen Unzulänglichkeit der Wassergewältigungsmittel verlassen werden mussten. Ein silberhaltiger Bleiglanz in Gangbildungen mit Kupferkies und Blende von 6 Verschok Mächtigkeit wurde daselbst auf Silbergewinnung gefördert. Der Vorstellung einer Zone von Eisenerzen, welche die Verhältnisse des Damyr-Tasch bedingen entsprechen die ausserordentlichen Erzlagerstätten der Gruben von Syzis-Madani, welche an dem nordwestlichen Abhange eines ähnlichen Erhebungssystems wie dasjenige des Ljal-war auf der rechten Seite des Debedathales ohnlängst wieder aufgefunden worden sind.

Die Lage dieser Gruben würde etwa der Stelle entsprechen, wo die östliche Verlängerung der Achse der ostwestlichen Besobdalkette den Meridian des Damyr-Tasch südlich durchschneidet. Alles was zuvor über die geologischen Verhältnisse der somkethischen Gebirge bemerkt worden, findet hier seine Anwendung wieder.

Quarzfreie Eurit- und Feldspathgesteine, Labrador und grüne Agit führende Grünstein- und Mandelstein-Bildungen drängen sich in den verschiedensten Richtungen durch die zersprengte Kalkformation, welche zwischen den Thälern der Debeda [1]) des Pambak und des Ak-

1) Brosset, déscription géogr. de la Géorgie. pag. 139.

stafa ihre grössten alpinen Höhen erreicht. Die Kenntniss von zahlreichen alten Gruben welche an den äusseren Abhängen und in dem inneren Hauptthale, welches zur oberen Caldera des grossen Erhebungssystemes von Syzis-Madani hinan führt zerstreut sind, hatten unternehmende Griechen von Gümischkana in demselben Jahre in diese von mächtigen Waldungen bedeckten Gebirge geführt, als ich dieselben im Späthherbste besuchte. Die bereits stattgehabte Ausräumung von mehreren Schächten zeigte, dass hier unregelmässige Gänge von geschwefelten Kupfererzen, welche in dem Kalke aufsetzen selbst bis zu bedeutender Tiefe verfolgt waren, deren unregelmässiges Streichen hauptsächlich von SO.-NW. und von N.-S. zu sein schien. Einen vollkommenen und unerwarteten Aufschluss über die colossalen Erzlager um welche es sich an dieser Oertlichkeit handelt, gewährte dagegen das Innere einer Grube, welche durch einen kurzen wieder aufgefundenen engen Stollen von der Thalsoole aus erreicht wurde. Der beistehende Holzschnitt versinnlicht die Verhältnisse dieser Grube.



Maassstab.

Das Innere einer alten Erzgrube in der altarmenischen Provinz Koukark; das Gogarene des Strabo, lib. XI. pag. 528, und des Ptolomeus. Georg. lib. V. cap. 13. in Iberien. An der Vereinigung der Flüsse Pambak und Bortschala im heutigen Somkethien. Die Grube wird von den Griechen Sy-zis-Madani oder Grube ohne Wasser genannt.

Der Abbau eines stockförmigen Erzvorkommens von aussergewöhnlichen Dimensionen hatte die Entstehung einer Höhlung veranlasst, die in etwas schräger Richtung mit einer Höhe

von 60 bis 70 Fuss und einer wechselnden Breite von 12 bis 20 Fuss, einige 20 Schritt in der Richtung von N.-S. mit Abweichung nach W. in das Gebirge eindringt. Ein etwa 4 Fuss mächtiger Gang von chlorit- und eisenoxydreichen Diabas mit eingesprengten Eisenglanz wird hier von einer ebenfalls gangartigen Contaktzone von 7 Fuss Mächtigkeit begleitet, die aus einer weichen Grünsteinartigen Felsart besteht die ebenso sehr in Serpentinsubstanz übergeht, als sie eine grünliche thonreiche und chloritische Masse darstellt, welche geschwefelte Kupfererze und fein eingesprengte Eisenkiese durchsetzen. Eisenerze wie die vom Damyr-Tasch häufen sich an der Berührungsgränze dieser Zone mit dem Grundgestein des Berges in welchem die Spaltung aufsetzt. Der mit Kupfererzen verschiedener Art mitunter sehr stark verbundene Eisenglanz von unbekannter Mächtigkeit bekleidet überall die Wände der Höhlung. Während die gesammte stockförmige Spaltenausfüllung hier entschieden Gegenstand des Abbaues gewesen, indem sie nach vielen Richtungen von kleinen Stollen durchfahren ist, scheinen doch die seitlich gehäuften und stufenartig übereinanderliegenden Höhlungen zu beweisen, dass der Gewinn des Eisenglanzes hauptsächlich verfolgt wurde. Der Reflex des überall anstehenden blättrigen Eisenglimmers und die lebhaften grünen Färbungen, der Hydro-silicate und Carbonate, welche die Grubenfeuchtigkeit auf Kosten der blossgelegten Kupfererze an der Oberfläche hervorgebracht hat, erhöheten den imponirenden Eindruck dieser beredten Zeugen eines uralten Grubenbetriebes, der sich einst an diese Oertlichkeiten geknüpft hat. Für die ehemalige Grösse und Dauer desselben sprechen die Stundenlang in dem Hauptthale bis über die Baumgränze hinanführenden Hügelzüge, welche nur aus Eisen- und Kupferschlacken bestehen und jetzt vom Urwalde bedeckt sind. Zahllose verschüttete Gruben finden sich unter der Bewaldung und an den waldfreieren Stellen der höheren Gebirgsregion, eben so die entsprechenden Spuren von Schmelzereien die sich in langen Reihen an den Abhängen fortziehen.

Noch einmal erscheint das Eisenerz des Damyr-Tasch und von Syzis-Madani nahe in derselben Meridianrichtung in der ostwestlichen Pambakkette auf der Passhöhe Dybakli wieder, welche der Weg aus dem Thale von Chalavara auf der Nordseite des Gebirges nach dessen Südseite zu dem Distrikte von Myskhana übersteigt.

Der Eisenglanz tritt mit derben Quarz zusammen als breite Zone von chloritischen Contaktgesteinen in unmittelbarer Verbindung mit grünsteinartigen Porphyren zu Tage. Die Contaktzone in welcher das Erz in einer unregelmässigen, der Horizontale genäherten gangartigen Lagerung von der thonigen Gesteinsmasse eingeschlossen erscheint, hat ein Einfallen gegen N. und ein Streichen von SW.-NO. Zahlreiche alte Gruben zeigen auch hier wie sehr dieses Eisenerz in früherer Zeit gesucht worden ist. Die dichten Kalkablagerungen erscheinen auf der Passhöhe des Pambak über den grünen Pyroxengesteinen gewaltsam zersprengt und auseinandergerissen und streichen SO.-NW. mit nördlichen Einfallen. — Auf der Südseite dieses Pambak-Passes liefern die Kupfergruben von Myskhana einen neuen Beweis von Erzausscheidungen auf Contaktzonen auf dem Wege plutonischer Emanation, die sich mit dem Hervortreten von feldspathreichen Eruptivgesteinen verband. Die herrschende Felsart dieses Theils des Pambaks ist normaler Syenit von einer erzführenden Zone gangartig durchsetzt, die ein rothbrau-

nes quarzreiches und cavernöses Gestein bildet in welchem sich Kieselauflösung zu Chalcedon und feuersteinartigen Gedilden ausschied und die ganze ursprünglich syenitische Felsmasse durchdrungen hat. Die Erze, welche diese kieselreichen Massen einschliesssen sind: Rothkupfererz, Schwefelkupfer, Kupferkies und Bunt-Kupfererz. Die Art und Weise dieses Erzeinschlusses lässt keine Zweifel, dass derselbe Bildungsprocess welcher die Kieselauflösung in das Gestein führte auch die metallischen Verbindungen mitgebracht haben muss. Da der Syenit nur mit der Annährung an die erzführende kieselreiche Zone fein eingesprengten Eisenkies in Verbindung mit Kupferkies einschliesst so liegt es nahe, nicht allein das Empordringen des syenitischen Eruptivgesteins, sondern auch die Entstehung der kieselreichen Zone mit der innerhalb derselben stattgefundenen Ausscheidung der Kupfererze für gleichzeitige, hier wenigstens sich gegenseitig bedingende Erscheinungen zu halten, welche einer Hauptepoche in der geologischen Entwicklungsgeschichte des Pambakgebirges zu seinem jetzigen orographischen Zustande angehört haben.

Der östliche Pambakzug, grösstentheils aus Felsarten der Granit- und Porphyrreihe zusammengesetzt, führt in seiner südöstlichen Verlängerung welche die bereits pag. 376 näher bezeichnete, von N. 41° 28′ W. gerichtete Gebirgsbegränzung des Goktschaisee bildet in die eigentlichen armenischen Erzgebirge hinüber. Ihre Centralpunkte befinden sich in dem heutigen Schamschadil und dem Distrikte Airjum, in den grossen circusartig abgeschlossenen Thalbezirken des Dzegam und Schamkor Flusses. Der traditionsmässig begründete und noch immer unterhaltene Ruf des reichen Vorkommens des Goldes wird in Bezug auf Gebirge leicht Glauben finden, in welchen es sich wie in den in Rede stehenden vorzugsweise um eruptive Bildungen handelt und wo insbesondere die Felsarten der Serpentin Familie und der Amphibolit-Gesteine so wie auch cavernöse Eisenoxyd und Kieselreiche Felsitporphyre eine ausserordentliche Verbreitungssphäre besitzen. Nichtsdestoweniger haben zu verschiedenen Zeiten mit Umsicht und Nachdruck angestellte Untersuchungen in Bezug auf edle Metalle wie bereits oben bemerkt zu keinen nur einigermassen befriedigenden Resultaten geführt. [1]) Dagegen beweisen die umfangreichen Ruinen von Schmelzanlagen, zumal im Kreise Daschkesan auf der Nordseite des Gebirges, in Verbindung mit dem Vorhandensein alter Gruben im Tertergebiet bei Karaköpri und im Cansazasca-Thale auf der Südseite, dass der ausserordentliche Reichthum an schönen Eisenerzen und das aus traditioneller Unbestimmtheit immer positiver hervortretende Vorhandensein von trefflichen Kupfererzen, unter welchen sich auch das gediegene Kupfer im südlichen Tertergebiet befindet, schon in früherer Zeit bedeutende Gruben- und Hüttenbetriebe veranlasst hat. Geologisch gebunden an die bekannten und oft genannten feldspathreichen und die chloritischen Grünstein und Labradorgesteine, sind es vorzugsweise prachtvolle Eisenoxyderze auf welche hier zu verweisen ist. Ein derber Rotheisenstein von ausgezeichneter Reinheit und Güte besitzt eine sehr grosse Verbreitung auf unregelmässigen gangförmigen Lagerstätten in den Thälern von Bojan. Seit Jahrhunderten ist die Aufbereitung dieses Eisenerzes und seine Benutzung zu

1) Dubois voyage au tour du Caucase. Tome IV. pag. 127 — 134.

weit verbreiteten Schmiedwaaren Gegenstand einer Industrie, welche von den Bewohnern der fünf armenischen Dörfer Kuschi-Kent, Seid-Kent, Tschovdar, Bojan, Daschkesan ausschliesslich betrieben wird. Für den Umfang unerschöpflicher Magneteisenerz-Lagerstätten sprechen: der bei den Tataren Gök-Dagh genannte Magneteisenberg bei Daschkesan an seiner Basis von derben Granatfels mantelförmig umhüllt, und die im Durchschnitt 20 Fuss mächtigen Lager desselben Erzes, welche mit eingesprengten Kupfererzen im Saga-Dara oder Eri-Dzor, auf eine Erstreckung von mehreren Werst im Felsitgestein zu verfolgen sind.

Das vulkanische Central-Plateau von Kara-Bagh p. 378 sondert die Gebirge der altarmenischen Provinz Siouni in zwei Züge, einen nördlichen und einen südlichen. Beide besitzen Eisen, Blei und Kupfererze, insbesondere die Berge von Gulistan bei Schuscha. Der südliche Zweig, dessen mittlere Direktions-Richtung durch die Lage des Kaputschich-Dagh und des Kuki-Dagh pag. 377 zu N. 42° W. bestimmt worden, besitzt einen höchst merkwürdigen Bau zu dessen Grundzügen die das Gebirge auszeichnenden Erzlagerstätten in einer sehr wichtigen topischen Beziehung stehen. Obschon das Gebirge eine von SO.-NW. gerichtete Hauptachse und in derselben seine bedeutendesten Höhen besitzt und diese Achse sich als solche physiognomisch bestimmt scharf hervorhebt, so liegt das Voll-Gewicht physikalischer Bedeutung doch nicht in dieser Hauptkette, sondern auf der Ostseite, wo das Gebirge mit der grössesten Breite auch seine reichste Gliederung entwickelt. Zwei grosse Gebirgsrücken, welche als Querjoche von dem Hauptkamme des Gebirges gegen Osten auslaufen schliessen ein bedeutendes System von Querthälern ein und individualisiren ein grosses nach allen Seiten geschlossenes, von schroffen Gebirgshöhen umringtes Bergland dessen ostwestlich gerichteten Flussläufe sich wie im Innern des daghestanischen Berglandes zu einem Hauptsammel-Flusse dem Kapantschai vereinigen. Dem Sulak vergleichbar durchbricht dieser Fluss die östlich vorliegende, der karabaghischen Hauptkette parallel laufende Grünstein-Erhebung des Chustup-Dagh im engen Thalspalt von Kiss-Kala, welcher vermöge seiner grossartigen Felsenentwickelung den berühmtesten Engpässen ähnlicher Art zur Seite gestellt werden darf. Nach seinem Austritt nimmt der Kapantschai im südöstlich gerichteten Tschundur-Thale seinen Lauf zum Araxes.

Fast alle Thäler welche die äussere Umwallung dieses grossen geschlossenen Thalsystems von Pyrdaudan und Gawart nach Nord, West und Süd durchfurchen, stehen in einer unverkennbaren radialen Beziehung zu dem Mittelpunkte desselben. Die mächtigen Kalkformationen der secundären Perioden, welche im karabaghischen Gebirge eine ungleiche Verbreitungssphäre besitzen, sind zum grössten Theil von dem inneren Raume jenes Berglandes ausgeschlossen, legen sich aber der östlichen Peripherie desselben in steil abstürzenden Massen oder in plateauartig isolirten nach NO. geneigten langgedehnten Bergrücken an. Die gewaltsame Zertrennung einer grossen früher zusammenhängenden Kalkformation wird hier in ähnlicher Weise wie auf der südöstlichen Seite des kaukasischen Gebirges durch die dynamischen Wirkungen von zwei ineinandergreifenden ungleichzeitigen Erhebungsrichtungen von O.-W. und von SO.-NW. bedingt; das Wirken dieser Erhebungen mit ihren constant bleibenden linearen Richtungen ist einem jeden Höhenzuge aufgeprägt. Im inneren Raume des Fluss- und Thal-

systems von Ochtschi und Kapantschai ist die ostwestliche Richtung der krystallinischen Massenerhebungen die vorherrschende; auf der Aussenseite gegen Osten erscheinen auf klastischen Eruptivbildungen ruhend die Kalkflötze als senkrechte von SO.-NW. gerichtete Mauern mit nahe gradlinigen Kämmen die Hügelreihen begränzend; aber auch nicht selten auf den wellenförmig hintereinander ziehenden Plateauhöhen zwischen den tiefen Längenthälern des Basut-Tschai, des Tschundur und Berguschet-Tschai zeigt sich das Durchgehen synklinaler Achsen von nordwestlich dislocirten Kalkflötzen, an Aehnliches erinnernd was Daghestan darstellt pag. 375. Die wichtigsten Erzlagerstätten in Kara-Bagh finden sich in den inneren Thälern des so eben näher angedeuteten Berglandes im Flussgebiete des Kapantschai. Der Sitz der Erze die aus Magneteisen in inniger Verbindung mit Rothkupfererz, Ziegelerz, erdigem Schwarzkupfer, aus Buntkupfererz mit Molybdänglanz, Kupferkies und damit in Verbindung stehenden kohlensauren Kupfererzen bestehen, scheint vorzüglich an Contaktzonen gebunden und durch das gangförmige Erscheinen von Diorit und Felsitporphyren, welche die Granite Porphyre und krystallinischen Schiefer der Centralkette durchsetzen ausgebildet zu sein. So treten die Erze in dem Kissil-Kaja genannten Hochrücken bei Pyrdaudan auf, der die Thäler des Sakar und des Ochtschi-Tschai trennt. Im Allgemeinen wiederholen sich die hier an einen äusserst metamorphosirten Dioritporphyr gebundenen Erscheinungen von Myskhana. Das Vorkommen der Erze findet in Nestern und unvollkommenen Gängen statt, welche der Längenrichtung O. 15 N. des metamorphosirten Dioritrückens folgen dessen rostbraune und röthliche cavernöse Felsklippen und kaolinartig zersetzte Oberfläche auffallend mit allen übrigen Felsbildungen der Umgebung kontrastiren. Ein nördlicher, vom Kasanjöll-Dagh der Centralkette auslaufender Parallelrücken des Kissilkaja besteht aus Syenit, Amphiboliten und krystallinischen Schiefern, welche grüne Pyroxengesteine durchsetzen. Der silificirte Dioritporphyr erscheint auch hier wieder mit seinen gelblichen und röthlichen Zersetzungsproducten und verräth netzförmig sich durchkreuzende Gangbildungen von Schwefelkupfer, Bleiglanz, Blende und Eisenkies. Gleiche Erscheinungen häufen sich in besonders starcker Weise in der östlichen Verzweigung des Kyrch-Kala und Mulchunsi-Dagh jenseits des Engpasses von Kiss-Kala bei dem Orte Gawart. Die lebhaften Färbungen der Oberfläche, das zerfressene und auseinandergesprengte Ansehen der gerötheten Felsklippen erinnert an die Wirkungen vulkanischer Emanationen. Der ausserordentlichen Anzahl von alten Gruben welche die Bergrücken bei Gawart wie die bei Pyrdaudan bedecken, entsprechen die enormen Anhäufungen von Schlacken welche längs des Kapanflusses neben den Spuren alter Schmelzereien gefunden werden und beweisen den ehemaligen Umfang eines Grubenbetriebes, dessen Existenz bei gänzlichem Mangel von Kunstanwendung nur durch die Unregelmässigkeit der Erzlagerstätten bestehen konnte. Da man die Erze nicht in die Tiefe zu verfolgen verstand, so wurde jedes Ausgehende gesucht und nahe bei Tage abgebaut. Das Aufhören orographischer Einwirkung ostwestlicher Erhebungen, südlich von dem so eben angedeuteten geschlossenen Thalsystem des Ochtschi und Kapantschai setzt den Erzlagerstätten keineswegs eine Gränze. In dem tiefen Thale von Migri, welches in nahe meridianer Richtung von dem Südabhange der Thalumwallung von Pyrdaudan zwischen den beiden Hauptparallelzügen des Kara-

Bagh-Gebirges von NNW.-SSO. sich zum Araxes hinabsenkt, ist das Vorkommen eines schönen Buntkupfererzes mit Kupferkies und Molybdänglanz auf quarzreicher gangförmiger Lagerstätte bekannt. Weiter hinab, wird die Centralregion grossartigster geologischer Verhältnisse erreicht, wo Kupfererzlagerstätten den höchsten Grad wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung in Armenien gewinnen. Es genügt hier nicht die Sprache zu derselben Kühnheit des Ausdrucks zu steigern, womit die Physiognomie der Massen in der Araxes-Enge zwischen Ordubad und Migri dem Beobachter entgegentritt und von plutonischen Hergängen eine ausführliche Kunde giebt welche mit gewichtigen Fragen die höchsten Interessen der Wissenschaft berühren. Alle geognostischen Erscheinungen aus dem Gebiete der stratigraphischen Störungen, der petrographischen Gesteins-Uebergänge, der Metamorphose etc. bedingen sich hier gegenseitig so nothwendig und knüpfen sich so direkt an das vulkanische Grundgesetz des wichtigsten Abschnittes der Entwickelungsgeschichte von Armenien, dass der Verdacht rein theoretischer Auffassung eines diesem Cyclus entnommenen Corollarphänomens, die jede Schilderung vermeiden soll, nur dann beseitigt bleibt wenn in einer allseitigen geognostischen Beschreibung des ganzen Gebirges die Elemente der Induktionen sich klar und absichtslos am Faden der Thatsachen entwickeln, welche geologische Sätze von der grössten Tragweite zu begründen haben. Diese Bemerkungen werden die Kürze und den nur andeutenden Charakter des Folgenden über die berühmt gewordenen Erzlagerstätten bei Migri motiviren müssen.

Die bereits vorhin ausgedrückte Wahrscheinlichkeit von dem sehr jungen Alter der zahlreichen ja unerschöpflich zu nennenden Varietäten Hornblende und feldspathreicher aber quarzarmer granitischer Gesteine in den Hauptgebirgsketten von Kara-Bagh wird im Migri-Thale eben so zur Gewissheit erhoben, wie die faktische Abhängigkeit des Daseins der Erze daselbst überhaupt von dem späteren Hinzutritt feldspathreicher wenig krystallinischer Eurit- und Felsitporphyre und Syenite. Die bis jetzt bekannt und durch lebhaften Grubenbetrieb in neuer Zeit wichtig gewordenen Erzlagerstätten beschränken sich auf eine Seiten-Schlucht des Thales von Migri, welche dem östlichen Abhange des krystallinischen, hier Alangez genannten Hauptgebirgszuges eingesenkt ist, der südlich vom Araxes mit constant bleibender Richtung nach Persien hinübergeht. Die Erze welche in der Agarak-Schlucht auf sehr unregelmässigen Lagerstätten, theils gang- theils lagerartiger Natur im Schoosse der angegebenen Felsarten vorkommen, und verschiedenen Bildungsthätigkeiten angehören sind: krystallinisches Rothkupfererz, Kupferlasur, Malachit, Kupferkies, Kupferschwarzerz und Eisenkies.

Die oxydischen Kupfererze von gleicher Güte wie die von Cornwall und Bogoslowsk bilden die verkittende Substanz eines Brecciengesteins verschiedenartiger durch Metamorphose entstellter Feldspathgesteine, die am wahrscheinlichsten auf Syenit zurückzuführen sind. Das Brecciengestein als erzführende Contactzone von 1 Arschin Mächtigkeit steht in horizontaler lagerförmiger Beziehung zu den thonigen Zersetzungsprodukten eines ursprünglich krystallinischen, an seinem Platze veränderten Gesteins und geht nach Oben in eine dem Diorit nahe stehende Felsart über welche in der Nähe der Breccien von feinen Gängen einer oft mit Kupferlasur

verbundenen Kupferschwärze durchzogen ist. Dem Einflusse der Atmosphäre ausgesetzt wird das von solchen Rissen erfüllte Gestein mürbe und bedeckt sich auf Kosten der Substanz der feinen Gänge mit efflorescirenden vitriolischen Salzen. Die Kupfer- und Eisenkiese durchziehen die stock- und massenförmig aufsteigenden eruptiven syenitartigen Felsgebilde in unregelmässig gesonderten Gängen von wechselnder Mächtigkeit, vorzüglich aber auf spaltenartigen sich netzförmig durchkreuzenden Rissen nach allen Richtungen. Die ungemeine und allseitige Durchdringung der Felsart von den Kiesen, bedingt von Oben nach Unten fortschreitende Zersetzungsphänomene, welche durch die Zerklüftung und pfeilerartige Absonderung des Gesteins begünstigt, grossartige Schauplätze einer Wirksamkeit geschaffen haben deren technische Benutzung bedeutende Vortheile gewähren müsste. Eine Seitenschlucht des Agarakthals zeigt die ganze Grösse des Einflusses den solche atmosphärische Zersetzungen auf die Formengestaltung ausüben. — Ein enger Baranco oder Thalspalt führt quer durch beinahe senkrecht aufgerichtete von SO.-NW. streichende wirkliche krystallinische *Gesteinsschichten*, über bedeutende Felsstufen aufwärts. In netzförmig sich durchkreuzenden Linien bilden bläuliche Kupfersalz-Efflorescenzen eine sonderbare Bekleidung der bräunlichen wie mit einem Firniss überzogenen Feldspathgesteine in der Nähe thalabwärts fliessender vitriolischer Wasser. Die sich erweiternde Schlucht führt in eine umfangreiche Caldera von länglicher Form. Die steil emporführenden Gehänge gleichen grossen Schutthalden von zahlreichen Schluchten getrennt, die von Felspfeilern aus einzelnen obeliskenartigen Blöcken bestehend überragt werden, deren Zerfallen in polygone Trümmer fortdauert. Jenseits dieses Labyrinthes von isolirten Felspfeilern begränzt in 6 bis 800 Fuss Höhe ein schwach undulirender Rand die Caldera und entblösst im senkrechten Absturz im dunkelsten Zinnober rothgefärbte Conglomerate, die eine 80 bis 100 Fuss mächtige Schicht bilden Diese Conglomerate durch eisenoxydreichen Thon nur locker verkittet bestehen aus im hohen Grade zersetzten meistens kaolinartig umgewandelten Feldspathgesteinstrümmern von mässiger Grösse und gleicher Natur mit der von Kies-Injektionen erfüllten Felsart. Diese hochrothen Massen bieten einen frappanten Gegensatz zu den gleich unter ihnen folgenden gelblichweissen, ebenfalls lockeren Trümmerbildungen dar, die in allmählicher Nüancirung in gelb und röthlich braune Massen übergehen, auf welchen die bläulichen Kupferefflorescenzen im Verein mit weisslich fatiscirenden Eisenvitriolen in streifenartigen Zonen das Vorhandensein von Kupferkiesgängen verrathen. Eine grosse Masse von kupferhaltenden Eisenvitriol hat sich in Form von amorphen Salzkrusten in den thonigen Trümmerbildungen abgelagert und könnte auf Cäment-Kupfer benutzt werden. Dieses merkwürdige Thal, welches sich in höherem Niveau als die Rothkupfererze befindet hat eine Länge von $^3/_4$ Werst und eine verhältnissmässige Breite. Bis jetzt rinnen die reichen natürlichen Kupfervitriollaugen die sich unter dem atmosphärischen Einflusse selbst zu kleinen permanenten Quellen ansammeln, unbenutzt dem Araxes zu. Die Fortsetzung der in dem Vorstehenden angedeuteten grossen Zone metallischer Lagerstätten jenseits des ostwestlich gerichteten Araxesthales ist eine Vermuthung welche die Analogieen der auf beiden Ufern übereinstimmenden geologischen Verhältnisse

für sich hat. Der lebhafte und erfolgreiche Grubenbau der im persischen Kara-Dagh auf Kupfererze von gleicher Natur wie diejenigen von Migri betrieben wird, fährt fort diese Voraussetzungen zu rechtfertigen.

Dritter Abschnitt.

In den vorhergegangenen Abschnitten sind die kaukasischen und armenischen Gebirge in ihren einfachsten morphologischen Grundzügen aufgefasst, auf tellurische Bildungsgesetze von allgemeiner Gültigkeit zurückgeführt und es ist auf die Abhängigkeit aufmerksam gemacht worden, in welcher sich die Form und geodaetische Richtung dieser Gebirge von der durch Vulkanimus bedingten Natur dieses Entstehungsgesetzes befindete. Die genetischen Beziehungen zwischen den vulkanischen Gesteinen, den eruptiven Felsarten und den krystallinischen Massengesteinen welche die eigentlichen Gerüste (*l'ossature*) des inneren Gebirgsbaues bilden, sprechen für die Einheit dieses Bildungsgesetzes, welches aus dem Innen der Erde nach ihrer Oberfläche wirkt und knüpfen sowohl die Petrographie, wie die unzertrennlich mit dieser verbundene Paläontologie an dasselbe. Indem die biologische Berücksichtigung das eigentliche chronologische Moment in die Forschung führt, überschreitet diese die Gränzen der physikalischen Geographie, und wird geologische Entwickelungsgeschichte. Physik, Petrographie und Paläontologie sind somit die eigentlichen Elemente der letzteren; die Formationslehre ist ihre Funktion und die Altersbestimmung der Gebirgssysteme ist ihr wichtigstes Resultat.

Die Aufnahme dieses umfassenden Gegenstandes in den Kreis vergleichender geologischer Grundzüge der kaukasischen Länder wie die vorliegenden kann nur die Absicht rechtfertigen, eine durch paläontologischen Nachweis unterstützte, möglichst concinne Charakteristik derjenigen sedimentären Formationen hier anzuschliessen, deren Glieder als integrirende Theile der sedimentären oder neptunischen Terrainbildung auf dem armenischen Hochlande und im Kaukasus von mir erkannt worden sind.

Gut bestimmbare Versteinerungen haben mit Sicherheit bis jetzt das Vorhandensein von Hauptformationsgliedern allein aus den folgenden Bildungsperioden erkennen lassen.

1. Die Paläozoische Periode.
2. Die Juraperiode.
3. Die Kreideperiode.
4. Die Tertiärperiode.
5. Die Quarternärperiode.

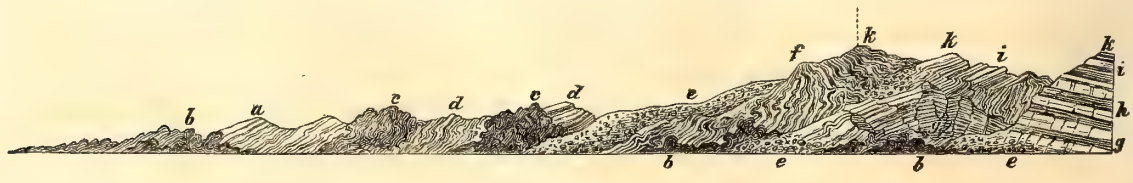
I. Die Paläozoische Formation.

a. In den georgisch, armenisch und persischen Gebirgs-Ländern

wird diese Formation, auf deren stratigraphische Beziehungen zu der Erhebungsrichtung in hora 3 bereits im Vorhergehenden pag. 381 hingewiesen worden durch eine äusserst mächtige Schichtenfolge von dunklen chloritischen Diorit- und Aphanitschiefern, Porphyrtrümmer-Conglomeraten, quarzfelsartigen hellen Sandsteinen, insbesondere aber mächtigen dunkelgrauen derben und bituminösen, mitunter körnig-krystallinischen Kalksteinen mit schwarzen Kieselausscheidungen repräsentirt. Die Glieder dieser, in dem Verhältniss concordirender Lagerung zu einander stehenden Schichtenfolge gehören nur der devonischen Formation und der Bergkalkformation an. Ob und in wie weit in den untersten schiefrigen und sandsteinartigen mit dioritischen Grünstein vielfach geognostisch-verbundenen Schichten etwa Formationsglieder der silurischen Zeit repräsentirt sein könnten, muss vor der Hand noch unentschieden bleiben, da keine paläontologischen Documente zur Lösung dieser Frage vorhanden sind. Wenn auch der Antheil den diese paläozoischen Formationsglieder an der orographischen Gestaltung des armenischen Hochlandes nehmen kein physiognomisch überwiegender ist, so hat er dennoch eine sehr grosse quantitative Bedeutung. Die Ausdehnung desjenigen paläozoischen Gebirges, welches von jüngeren Bildungen bedeckt, in den Thälern zu Tage geht, ist bei weitem umfassender, als diejenigen Theile desselben, welche bis zu 8000 Fuss Meereshöhe frei an die Oberfläche emporragen.

Das grösseste Areal seiner selbstständigen Entwickelung befindet sich im Süden des Ararat zwischen dem Maku-Tschai und dem Araxes. Taf. VII. Prof. 3. Das paläozoische Terrain durchzieht die Araxesebene in nordöstlicher Richtung und wird in seiner mächtigsten Entwikkelung von oberen Gliedern der Kreide- und Nummulitenformation des Daralagezgebirges bedeckt. Unter gleichen geognostischen Verhältnissen wird es in der Thalenge des Araxes-Durchbruches zwischen Abas-Abad und Djoulfi wieder gefunden und erscheint auf der rechten Araxesseite als integrirendes Glied der fundamentalen Bildung des nordpersischen Plateaus, zunächst oberhalb des Ortes Gergher. Zwischen Caravanserai und Mahrand habe ich eine selbstständig entwickelte Bergkalkpartie von Manganerzen durchdrungen in nahe horizontaler Lagerung beobachtet [1]) und zwischen Sofian und Tébriz die vollständigste Entwickelung dunkler paläozoischer Kalkschichten auf metamorphischen Schiefern und mächtigen Conglomeraten lagernd, im inneren Bau des hohen Merov-Dagh wahrgenommen. Die geognostischen Verhältnisse des Merov-Dagh der als isolirte Gebirgserhebung einen Bestandtheil der östlichen Begränzung der Hochebene von Tébriz bildet, erläutert der folgende Holzschnitt:

Durchschnitt des Merov-Dagh bei Sofian in der Richtung von West nach Ost.



a. Dachschieferartige Phylladen; dioritische Schiefer und Wetzschiefer. Streichen nach O. 10° S. Einfallen gegen Süden.

b. Feldspath- und oligoklasreicher Hornblendeporphyr in stockförmigen Massen.

c. Feinkörniger Diorit mit grau-grüner feinblättriger Hornblende; alle diese Eruptivmassen sind an der Oberfläche mit einer emailartigen bräunlichen Rinde überzogen, die den Gesteinen ein lackirtes Ansehen giebt.

d. Dunkle diorit- und aphanitartige Schiefer.

e. Von eisenoxydreichen, hochgerötheten, thonig-kalkigen Bindemittel cämentirtes Conglomerat der folgenden Felsarten: Diorite der verschiedensten Färbung, mehr oder minder porphyrartig; grauwackenartige Breccien unter welchen namentlich ein sehr festes Gestein, aus rundlichen Fragmenten von Schiefern und Kieselschiefern, dichten Quarzfels, durch grünliche dioritische Grundmasse verkittet; braunrother Eisenkiesel; dunkelrothe dem Porphyr-Conglomerat des *Old-Red* gleichende Sandsteine, fast wie Quarzfels; Feldspathporphyre jeder Färbung mit grossen weisslichen oder gelblichen Feldspathkrystallen etc.

f. Hellgrauer, marmorartiger Kalk von feinen Braunspath-Adern und kohlensauren Eisenoxydul durchzogen; ohne erkennbare organische Reste, im höchsten Grade metamorphisirt und unter dem deutlichen Einfluss Eisenoxyd ausscheidender thermaler Emanationen gewaltsam dislocirt. Einer in pfeilerförmige Bruchstücke zerlegten Mauer vergleichbar starrt dieser Kalk, mit steilen Felswänden dem morphologischen Charakter eines Eruptivgesteines entsprechend, empor und nimmt einen Hauptantheil an dem inneren Bau des Berges.

g. Dunkelgrauer compakter Kalkstein mit Spuren von Zoophyten und grossen Brachiopoden, deren Deutung aus den Bruchstücken unmöglich, die aber sehr wahrscheinlich Spiriferen angehören und dem Kalkstein der devonischen Formation zu entsprechen scheinen, sehr mächtig in der ganzen unteren Hälfte des Berg-Systems entwickelt.

h. Eisenreiche Travertin-Kalke und kalkige Schiefer.

i. Dunkelgraue krystallinische Kalke erfüllt mit Versteinerungen grösstentheils als Steinkerne; die Schaalen grösserer Bivalven in Braunspath verwandelt. Der Charakter der Gasteropoden wie der Acephalen macht Gault wahrscheinlicher als Jura. Besonders sprechen dafür dickschaalige cyprinenartige Formen; solche die von *Thetis minor* erinnern, jedoch ohne den charakteristischen Sinus des Manteleindrucks erkennen zu lassen; Trigonien-Steinkerne, die auf *Tr. alaeiformis* passen könnten. *Arca* und *Pectunculus* sind ebenfalls erkennbar so wie die Bruchstücke eines kohlenartigen petrificirten Holzes.

k. Die obersten Kalklager des Merov-Daghsystems stellen ein dunkelgraues sehr dichtes Gestein dar, in welchem Zoophytenspuren zu erkennen sind; vorzugsweise ist dieses Gestein welches durchaus den habitus der dunklen Nummulitenkalke der Diablerets, der Ralligstöcke und von Kerns im Cant. Unterwalden besitzt, durch die ausserordent-

liche Menge von *Lunuliten* charakterisirt, welche durch Verwitterung der Gesteinsoberfläche sichtbar werden und durch Anschliff des dunklen Kalkes der eine schöne Politur annimmt sehr deutlich zum Vorschein kommen. Die Lunuliten scheinen nur einer Species der *L. radiata* anzugehören und überschreiten nicht die Grösse von 3 bis 4 Millimeter. Eine zweimalige Besteigung des Gipfels des Merov-Dagh von dem Orte Sofian aus gab mir Gelegenheit die Erhebung desselben über dem letzteren Orte wie über Tébris barometisch aus zwei Messungen zu bestimmen $b = 305{,}95$; $T.\ 27°{,}6$; $t. = 24°{,}2$ und $b' = 278{,}10$; $T. = 25°{,}3$; $t. = 21°{,}2$ Reaum. Erhebung über Sofian = 2782 engl. F. mithin absolute Erhebung über dem Meere = 7239 eng. F. Siehe Bulletin de la classe phys.-mathém. Tome XVI. pag. 346.

Für das Vorhandensein der devonischen, wie der Bergkalk-Schichten in den Bergen von Kara-Dagh und in der langen ostwestlich gerichteten Kette des Kaschka-Dagh, an dessen östlichem Fnde der Sabalan aufsteigt,[1] sprechen mehrere, freilich nur peteographische Beobachtungen. Durch palaeontologische Beweise ist dagegen die Verbreitung devonischer und Bergkalkbildungen über Azerbeidjan wie in der ganzen Ausdehnung des Elbruz-Gebirges bis zum Meridian von Astara-Abad durch Woskoboinikof[2] und Hommaire de Hell[3] nachgewiesen, auch scheint ein gleiches Verhältniss für die westlichen Randgebirge des persischen Plateau, die Zagros-Ketten, den Mittheilungen von Kennet Loftus zu Folge zu gelten. Die nähere Charakteristik der versteinerungsführenden Kalksteine der devonischen und der Bergkalk-Formation und deren gegenseitige Unterscheidung ist in dem Folgenden angedeutet. Die devovonischen Kalke zeigen sich in der Regel von stark dunkelgrauer Färbung. In Bezug auf Dichtigkeit und Gefüge durchlaufen sie alle Grade der festen und feinkörnigen Beschaffenheit bis zur minder harten und körnig krystallinischen. Die organischen in grosser Häufigkeit dem devonischen Kalke eingelagerten Reste machen diese Bildungen leicht kenntlich.

Vorzugsweise sind es Brachyopoden und Zoophyten welche durch ihre bekannten Facien den Horizont der oberen Abtheilung dieser Formation in Frankreich, Belgien und der Eifel, wie in den armenischen und persischen Gebirgen andeuten. Unter den Brachyopoden sind als specifische Leitfossilien für diese Gebirge vorzüglich zu nennen: *Spirifer Seminoi*, vig.: Tab. I. fig. 1. *a.* bis *f.*, *S. Archiaci* Tab. II. fig. 1. *a.* bis *d. S. Verneuilli*?. Taf. II. fig. 3. *a. b. S. Orbelianus* nov. s. Tab. I. fig. 2. und 3., Tab. II. fig. 4. und 5. *S. heteroclytus* Tab. II. fig. 7. *a.* bis *d. S. speciosus. S. aperturatus. S. ostiolatus. S. calcaratus*; Tab. II. fig. 2. *a. b. Terebratula reticularis. T. concentrica. T. scalprum. T. aspera. T. cuboides. Orthis striatula. Leptaena Dutertri. Productus subaculeatus. P. Murchinsonii. P. semireticulatus. Tentaculites.* Tab. III. fig. 17. *Euomphalus.* In der Abtheilung der Zoophyten *Favosites spongites. F. polymorpha. Cyathophyllum flexuosum. C. quadrigeminum. C. caespitosum. Catenipora escharoides* etc.

Die Kalke welche dem Horizonte des Bergkalkes angehören sind in Bezug auf Färbung

1) Bulletin de la Classe physico-mathématique de l'Académie de St. Pétersbourg. Tome XIV. pag. 58.
2) Journal des mines de St.-Pétersbourg. 1846. Tome II. pag. 171.
3) Bulletin de la societé géologique de France. Tome VII. deuxième série pag. 501.

und Gefüge den devonischen Kalken im Ganzen sehr ähnlich. Wenngleich die dunklen krystallinischen Varietäten auch vorkommen, so herrscht im Allgemeinen neben helleren Farben doch die compacte splittrige Beschaffenheit insbesondere in der oberen Abtheilung der Etage vor, was auch die Veranlassung sein mag, dass diese Gesteine früher mit Jurakalk verwechselt worden sind.[1]) Lichtgraue Färbung verbindet sich bei Kalken dieser Gruppe auch mitunter mit körnig krystallinischer Beschaffenheit und wenig festem Gefüge. Sämmtliche kalkige Glieder dieser Bergkalkformation zeichnen sich durch einen mehr oder minder starken Bitumengehalt aus, der bei dem Anschlagen des Gesteines sogleich empfunden wird und in zweifelhaften Fällen, wo Petrefacten fehlen ein brauchbares Unterscheidungsmittel zwischen den Felsarten beider Reihen an die Hand giebt. Die Kalke des *Terrain carbonifère* in Armenien sind im Allgemeinen arm an organischen Einflüssen. Nichtsdestoweniger sind vorzugsweise die oberen Schichten der Abtheilung durch palaeontologische Merkmale leicht zu erkennen, die besonders an der Oberfläche des Gesteins durch den Angriff der Atmosphäre blossgelegt scharf hervortreten. Diese Charaktere beruhen auf der häufigen und überaus ausgedehnten Verbreitung gewisser Cephalopoden-Arten aus der Gattung *Bellerophon* sowie einiger Foraminiferen-Arten aus dem Genus *Fusulina*. Die ersteren variiren in Grössenverhältnissen von einigen Linien bis zu einem Zoll und darüber. Stets in Kalkspath verwandelt treten die Schaalen der Bellerophon-Arten durch Verwitterung des Kalkes an der Oberfläche nur in kleinen Individuen reliefartig hervor die sehr an *B. striatus* erinnern. In der Regel erscheinen die grösseren nur im Durchschnitt und zeigen auf der Gesteinsoberfläche die scharf markirten spiral gewundenen Figuren ihrer dünnen Schalen, die selten mehr als 1 Millimeter Dicke besitzen, Tab. III. fig. 15. Anf dem frischen Querbruch contrastirt die weisse Kalkspathfärbung solcher Spiralen gewöhnlich lebhaft mit dem dunklen Grundton der Felsart. Die *Fusulina* welche eine neue, *sphaerica* benannte Art darstellt ist durch die runde Form kenntlich welche das um seine Achse nach Art der Alveolinen spiral gewundene äusserst zierliche Gehäuse an der verwitterten Oberfläche zeigt, Tab. III. fig. 13 *a. b.* Die gewöhnliche Grösse dieser runden Körper vaviirt zwischen $1\frac{1}{2}$ und 3 Millimeter selten erhöht sie sich bis auf 4 Millim. Häufig erscheinen sie zusammen mit den Spiralen des Bellerophon und bisweilen auch in Begleitung von kleinen *Chemnitzien* und *Turritellen*. Auf frischem Gesteinsbruche sind diese zarten Körper kaum zu unterscheiden, treten aber auf angeschliffenen und polirten Flächen sogleich mit grosser Deutlichkeit hervor. Die *Fusulina sphaerica* besitzt ihrer Verbreitung zufolge für den Bergkalk der armenischen und persischen Plateauländer einen ähnlichen charakteristischen Werth wie die *Fusulina cylindrica* einen solchen für den Bergkalk im europäischen Russland behauptet. Indessen hat sich eine Varietät des letzteren auch in Armenien und zwar in Schichten unter den Laven des kleinen Ararat gefunden, scheint aber viel seltener zu sein. Tiefere Schichten des Bergkalkes enthalten daselbst einen grossen, weniger durch die Zahl der Arten als durch die Quantität der Individuen bedingten Reichthum von Zoophyten. Als vorherrschend und somit sehr bezeichnend für die Formation sind hier *Lithostrotion floriforme — L. inconfertum* einige Species des Genus *Miche-*

1) Dubois de Montperreux. Atlas V. Série géologique Pl. I. Tome III. pag. 415.

lina, welche durch Herrn E. de Verneuil angedeutet nebst anderen sie begleitenden Arten noch näher zu bestimmen sind. Unter mehreren vorkommenden glatten Terebrateln macht sich die *Spiriyera planosulcata* d'Orb. Tab. III. fig. 16 *a. b. c.* durch ihre breite Form und glatte Beschaffenheit besonders kenntlich, in den Lithostrotion führenden Schichten bisweilen in Menge bemerklich. In dem halbkrystallinischen Bergkalke der Makuschen-Gebirge im Süden des Ararat ist neben den genannten Arten noch eine kleine Tab. III. fig. 14. *a. b.* abgebildete glatte Terebratel mit starkem sinus häufig, die wahrscheinlich einer neuen Species angehört.

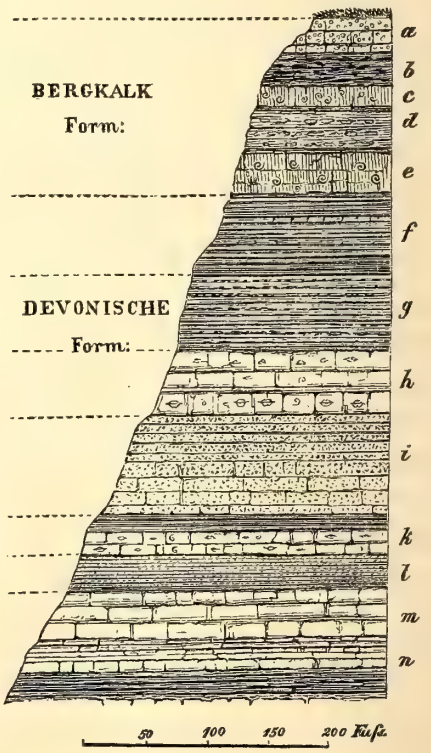
Die paläontologischen Angaben über die paläozoischen Bildungen in Armenien auf das Vorstehende beschränkend, schliesse ich hier aus dem Baranco des grossen Erhebungsthales von Gyneschik im Arpatschai-Thalgebiete des Daralagez-Kreises ein Profil im Holzschnitt an, welches die gegenseitigen Lagerungsverhältnisse zwischen dem Bergkalk und der älteren Bildung sowie die Reihenfolge der devonischen Schichten mit einiger Vollständigkeit angiebt, die aber keineswegs maassgebend für das Ganze des palaeozoischen Terrains in Armenien und Persien sein darf. Das Streichen der Schichten ist SO.-NW.

a. und *c.* Bituminöser dunkelgrauer Kalk mit *Bellerophon* und *Fusulina.* (*b.*) Kalk mit schwarzen hornsteinartigen Kieselausscheidungen die mitunter der Steinkohle gleichen. (*d.*) Corallenführender Kalkstein zusammen 150 Fuss mächtig.

e. Bellerophon-Kalkstein.

f. Bituminöser Kalk im Wechsel mit kalkfreien dunkelgrauen, nicht mit Säure brausenden, dünnen und brocklichen Schieferschichten, welche schwache Gypslagen auf den Absonderungsflächen enthalten und durch Vitrioleffloreszenzen bezeichnet sind. In den unteren Schichten dieser Abtheilung von 55′ Mächtigkeit finden sich viele Encrinitenstielstücke.

g. Mergelartiger viel Eisenoxyd enthaltender Thonschiefer, sehr zerblätternd, mit dergleichen grauen eisenfreien wechselnd; 45 Fuss mächtig.



h. Hellgraue dichte Kalkschichten mit *Spirifer Semenoi S. Orbelianus, Orthis striatula, Productus* und vielen Terebrateln in grünlich gefärbten plattenförmigen unreinen Kalken die mit feinen Trümmern thonig zersetzter Gesteine gemengt, etwas an die Kalke von Isborsk erinnern. Sie enthalten Euomphalen und zahlreiche Encrinitenstiele; 50 Fuss mächtig.

i. Thonreicher, Glimmer aufnehmender Sandstein; der schiefrige Struktur besitzt und mit dünnen Lagen eines von feinen Glimmertheilen glänzenden, lichtgrauen Schiefers wechselt; 70 bis 80 Fuss mächtig; geht nach Unten zu in einen weissen sehr reinen körnig bröck-

lichen Sandstein über, der die Natur eines sehr festen quarzfelsartigen Sandstein annimmt; eine Felsart welche den Quarzsand für Glasschmelzereien ersetzen würde; 20 bis 30 Fuss mächtig; ruht auf bituminösen vitriolischen Schiefern von 14 Fuss Mächtigkeit.

k. Eine Schichtenfolge von schwachen Kalkflötzen von licht grünlicher Farbe, mit Grünsand ähnlichen Beimengungen und vielen kleinen gefalteten Terebrateln und Spiriferen.

l. Thonig sandige Schiefer mit kleinen wie Glimmer erscheinenden Blättchen; mitunter von beinahe sandsteinartiger Beschaffenheit; einige 20 Fuss mächtig.

m. und *n.* Mächtige Schichtenfolgen von Kalklagern welche die Charaktere von *d.* besitzen und sehr viele Spiriferen und Producten einschliessen. Diese Schichten sind von nicht wahrzunehmender Mächtigkeit und haben im Liegenden dunkle Schiefer.

Das ursprüngliche Streichen dieser ganzen Schichtenfolge ist SW.-NO. doch geht dasselbe durch SSW.-NNO. sehr entschieden in SO.-NW. über, welches auch die Richtung der Erhebungsachse des ganzen Systems ist. Ueber die geognostischen Verhältnisse der Bergkalkschichten und ihre Auflagerung auf die devonischen Bildungen im Innern des gleichfalls von SO.-NW. aliginirten Erhebungssystemes von Dsynserly Taf. IV. Prof. V. finden sich Angaben und Profile in den Untersuchungen über die Wasser des kaspischen Meeres, Urmia und Vansees. Mem. phys.-mathem. B. VII. pag. 52. Fast überall wo das palaeozoische Terrain in Armenien in Folge bedeutender Hebungen durchgreifende Dislocationen erfahren hat, durch welche in der Richtung von SO.-NW. sich aneinanderreihende Gebirgsmassen in Form von grossen und tiefen Erhebungsthälern geöffnet worden sind, werden an den steilen Thalwänden natürliche Profile sichtbar, die nicht selten die ganze Reihenfolge der palaeozoischen Schichten zugleich mit den Gliedern jüngerer Formationen blosslegen, welche jene in concordirender oder übergreifender Lagerung bedecken. Fast in der Regel wird die Aufmerksamkeit in diesen Thälern durch hochrothe Färbungen gefesselt, welche hauptsächlich von ganzen Gruppen senkrechter Streifungen ausgehen, die an den Felswänden emporsteigen und hier und dort in die Auflagerungen der Kreide- und Nummulitenkalke überzugehen scheinen. Nähere Untersuchung bringt die Gründe dieser eigenthümlichen Streifungen sehr bald mit dem Vorhandensein von Klüften und Spaltungen in Verbindung, welche mit einer kalkig thonigen Breccie ausgefüllt sind, deren grosser Gehalt von Eisenoxyd die blutrothe Färbung der mitunter in wahre Eisenerze übergehenden Massen bedingt. Die Thatsache erhält den richtigen Ausdruck wenn man sie mit der Art und Weise vergleicht, wie etwa die Bohnenerze des *terrain sidérolithique* als Ausfüllung von Spalten und schlauchähnlichen Höhlungen in den weissen oberen Ablagerungen der Juraformation in Schwaben, in der Schweiz und Südfrankreich erscheinen. Die räumliche Correlation dieser rothen Breccien, gewisser lockerer Zwischenschichten des Bergkalkes und der oberen Nummulitenkalke, die nicht selten an jener Eisenoxydfärbung Theil nehmen, begünstigt die Vorstellung, welche jene eisenoxydreichen Massen in genetische Dependenz des plutonischen Aktes bringt, der die Hebung des Systems bedingte und der Consequenz geognostischer Folgerung gemäss, während oder nach Ablagerung des Nummulitenkalkes also innerhalb der eocenen Periode eingetreten sein muss. Die schönen Beob-

achtungen von Quiquerez und Gresley,[1]) welche das Phaenomen der Bohnenerzbildungen mit vulkanischen Reaktionen die durch Thermen wirkten auf eine überzeugende Weise in Verbindung bringen, unterstützen die Annahme eines ähnlichen Bildungsgesetzes auch für den vorliegenden Fall. Die hier adoptirte Deutung jenes Phänomens der rothen Breccien besitzt noch für eine andere Reihe von Bildungen erläuterndes Gewicht, welche auf dem armenischen Hochlande in eine jüngere Periode der Tertiärformation fallen. An das bereits von mir erwähnte Vorkommen von Manganhyperoxyd als Spaltenausfüllung im Bergkalk in der Nähe brauner Oligoklasporphyr-Durchbrüche in Azerbeidjan[2]) schliesst sich noch die Ausfüllung unregelmässiger Spalten durch silberarmen Bleiglanz mit Schwerspath bei dem Dorfe Hadji im Daralagez. Das Vorkommen findet auf unregelmässiger Gangzone innerhalb der stärksten antiklinalen Schichtenaufrichtung und Faltung statt. Die Ausfüllung feiner gangartiger Spalten und Risse im paläozoischen Kalke durch Schwefelkupfer und Kieselkupfererz, ist in der Nähe des Klosters Korvhirab Tab. VI. Prof. V. in der ausgedehnten beinahe horizontal gelagerten Kalkformation zu beobachten, welche am Fusse des Ararat grade da das Bette des Araxes bildet, wo gleich wichtige physikalisch-geographische und archäologische Gründe das alte Artaxata hinzuverlegen nöthigen.

Aelteste sedimentäre Formation im Kaukasus.

Die hier zunächst sich anknüpfende Frage über das geologische Alter derjenigen Formation welche im Kaukasus als die älteste Bildung in Anspruch zu nehmen ist, hat in den bis jetzt von diesem Gebirge vorhandenen geologischen Karten eine sehr verschiedene Beantwortung erhalten.

Dubois de Montperreux, dessen bewunderungswürdigem Fleisse die kaukasische Geologie ihre erste Begründung verdankt, legte in seiner *Carte génerale géologique des systemes caucasiens et tauriques* 1832 — 1835 den grössten Theil des centralen Caucasus auf eine Längenausdehnung von 7 Graden mit einer Farbe an, welcher er die Bedeutung *schistes et grès plus anciens que la formation jurassique* beilegt.

Murchison adoptirt in seiner: *Geological map of Europe* 1856 dieselben Gränzen, welche Dubois für die so eben angedeutete Bildung in Anspruch genommen hat, dehnt sie über die ganze Daghestanische Hälfte des Gebirges bis jenseit des Meridian von Schemacha aus und belegt den solchergestalt gewonnenen Raum von 9 geographischen Längengraden mit einer Farbe, welche die Abtheilung der krystallinischen Gesteine mit Inbegriff der metamorphischen Schiefer bezeichnet. Durch die Gesteine dieser Abtheilung als: *clay slate*, *quarz rock*, *mica slate*, *talc slate*, *chlorit slate*, *limestone or marble* tritt der grösste Theil des Kaukasus in das Verhältniss petrographischer Uebereinstimmung mit Finisterre, Correze, Cap Ortegal, dem Erzgebirge, Fichtelgebirge und Ural; mit Skandinavien, Lappland und dem nördlichen Russland.

Dumont in seiner *Carte géologique de l'Europe* 1857 überträgt auf denselben Raum

1) Recueil d'observations sur le terrain sidérolitique dans le Jura bernois par A. Quiquerez. Nouveaux Mémoires de la soc. helv. des sciences naturelles. Tome XII. et Observations géologiques sur le Jura soleurois par A. Gressly.

2) Bulletin de la classe phisico-mathem. Tome XIV. Nr.

welchen die Murchinsonsche Karte den krystallinischen Gesteinen allein überweist die Farbe, welche für das Ganze seiner Arbeit die untere Abtheilung des terrain *dévonien inférieur* bedeutet.

Während Dubois die centrale Zone der kaukasischen krystallinischen Gesteine pag. 365 mit Ausnahme des Kazbek und Eburuz gar nicht berücksichtigt und das geologische Alter seiner Sandstein- und Schieferformation nach Oben zu bestimmt durch den Jura begränzt, giebt die Auffassung Murchison's der grossen centralen Bildung des Kaukasus den allgemeinsten Ausdruck, der das chronologische Moment gar nicht berücksichtigt, mithin rein petrographisch generalisirend die Möglichkeit darbietet, die als völlig unbestimmt hingestellte Centralregion des Gebirges einem jeden beliebigen Alter zu vindiciren. Dagegen bedingt die Auffassung Dumonts, welche den grössten Theil des Kaukasus-Gebirges dem *Dévonien* unterordnet eine Behauptung von grossen und bindenden Consequenzen die um so frappanter ist, da die in der Wirklichkeit vorliegenden Thatsachen die Beweisführung ihrer Richtigkeit unmöglich machen.

Ich stütze die Berechtigung zu diesem Ausspruche auf die Kenntniss von den kaukasischen Formationen; so weit wiederholte Untersuchungsreisen durch sämmtliche Theile des Gebirges, die überhaupt der Forschung zugänglich sind, mir solche zu gewähren im Stande waren. Darf ich diese Kenntniss auch keineswegs vollständig nennen, so glaube ich doch dass sie genügt um die sich widersprechende Auffassungsweise der 3 Karten von der Natur der älteren Bildungen im Kaukasus auf eine angemessene Weise zu berichtigen und genügend anzudeuten, was der Forschung noch zu thun übrig bleibt. Ein Hauptirrthum aller drei Karten beruht in der Annahme eines die Geologie des ganzen Gebirges beherrschenden unveränderten Durchgehens der Formationen. Eine solche Identität, die das gleichmässige und ungestörte synchronische Wirken eines einfachen grossen Bildungsaktes voraussetzt, existirt nicht. Ihr Fehlen tritt mit der morphologischen Verschiedenheit und dem physikalischen Gegensatze in einen Causal-Verband der zwischen der nordwestlichen und der südöstlichen Hälfte des ganzen Gebirges besteht. Der bedeutsamste Grundzug in dem Baue des nördlichen kaukasischen Abfalles überhaupt liegt in dem Dasein von zwei grossen hemisphärischen Massenanschwellungen die nicht völlig gleiche Dimensionen besitzen. Für die kleinere Massenanschwellung bildet der Elburuz den Centralpunkt, für die grössere liegt derselbe in dem Innern von Daghestan. Die geringste Breite des nördlichen Gebirgsabfalles befindet sich zwischen den beiden genannten Haupttheilen und kann durch die Entfernung von Wladikawkas bis zum Passe des Gud-Berges hinter Kobi bezeichnet werden. Wird diese Entfernung als Einheit angenommen und mit derjenigen vom Elburuz bis zum Beschtau einer Seits und der von der Festung Kodori auf dem kaukasischen Schieferkamme bis Tschir-Yourt am Sulak anderer Seits in Vergleich gestellt, so erhalten die drei angedeuteten Breiten-Differenzen den aproximativen Ausdruck von 1 : 2 : 2,5. Die nordwestliche und südöstliche Massenerhebung besitzen nahe dieselbe flache Abdachung; dagegen ist der zwischen beiden befindliche Gebirgstheil durch stark abstürzende Vorwälle charakterisirt; er wird durch die gradlinigen nahe in demselben Meridian sich gegenüberliegenden entgegengesetzten Querthäler des Terek und Aragua auf dem zugänglichsten Passe überschritten, welchen der Kaukasus besitzt.

Die Massenerhebung des Elburuz bildet ein unvollkommen geschlossenes Plateau auf fundamentaler Urgebirgswölbung pag. 365, dessen vorherrschend granitische Gesteine wie gewöhnlich mit krystallinischen Schiefern in engste Verbindung treten, und in 60 Werst nördlicher Entfernung von dem krystallinischen Gebirgskamme noch in 3889 F. Meereshöhe auf der Soole der Thäler gefunden werden. Die ungeschichteten und geschichteten krystallinischen Felsarten im Verein mit den porphyrartigen, in gangförmigen Zonen hervorgetretenen Eruptivgesteinen älterer und jüngerer Perioden erstrecken sich wie bereits pag. 415 angedeutet. in ununterbrochenem Zusammenhange im Innern der Spalten- und Neigungsketten in südöstlicher Richtung bis zum Kazbek und zum Archotis-mtha fort. So bedingen diese Gesteine die eigentlichen fundamentalen Träger der gesammten Schichtenfolgen der sedimentären Bildungen, deren schwache Neigungswinkel von 5 bis 8 Grad aus der Elburuz-Umgebung 45 Grad und darüber z. B. im Terekthale betragen. Mit der massenhaften und ausschliesslichen Entwickelung der Granite und krystallinischen Schiefer, welche innerhalb der Kammregion von gewaltigen Dioritgängen durchsetzt werden (p. 365) ist eine orographische Formenentwickelung für das centrale Hochgebirge zumal in der Umgebung des Elburuz und Kazbek verbunden, wie sie in den europäischen Alpengebirgen einheimisch ist. Weite und muldenförmige Hochthäler, die sich über die Schneelinie erheben und von steilen Klippen und tafelförmigen Wänden umringt werden, geben dem Phänomene der Gletscher daher auch hier eine Bedeutung, wie in keinem anderen Theile des kaukasischen Gebirges. Am höchsten steigern sich aber die günstigen Bedingungen für die Gletscherbildung in den obersten Stufen derjenigen Thäler die mit dem Plateau communiciren, welches den Elburuz-Kegel trägt. Dort befinden sich die unerschöpflichen Reservoire der körnigen Firnmassen, welche die wirklichen perennirenden Gletscher von bedeutender Länge zu ihrer Erhaltung bedürfen. Auf der Südseite des Gebirgss, wo isoklynale gegen den Hauptkamm geneigte Eruptionsketten und Gewölbketten sich mit Muldenketten verbinden, vereinigen sich die hier angedeuteten Bedingungen vorzüglich in den, von dem Hauptkamme herabkommenden Querthälern längs des 90 Werst ausgedehnten Längenthales von Gross Suanien südöstlich vom Elburuz; schon das obere Ingurthal mit seinen Gletschern allein würde genügen, um das sonderbare Vorurtheil von dem Fehlen der Gletscherbildungen im Kaukasus zu widerlegen.

Im vollsten Gegensatze zu der geschlossenen Massenerhebung des krystallinischen Gewölbes des Elburuz bildet Daghestan ein halb eingesunkenes von einer Wasserscheide umgebenes Bergland, dessen innerer Bau (p. 374) ein nach zwei Hauptrichtungen durch tiefe sich durchkreuzende Quer- und Längenthäler zerlegtes Ganzes darstellt. Krystallinische Gesteine nehmen an demselben entweder gar keinen oder doch nur einen eben so untergeordneten Antheil als an der Zusammensetzung des ganzen südöstlichen mit Daghestan verbundenen kaukasischen Kammes. An der Peripherie der Elburuzerhebung durchsetzt der Kuban bei der Festung Djagutai das Kreidegebirge in 3178; der Podkumok bei der Staniza von Kislovodsk in 2829 und der Malka bei der Festung Kamenj-most dasselbe in 2785 eng. F. Meereshöhe. Nördlich vom Kazbek tritt der Terek bei Wladikavkas in 2220 eng. F. in die Ebene. Dagegen liegt das

Niveau des Sulak da, wo er die Kreide-Enge zwischen dem Sala-Tau und Tus-Tau verlässt nur 760 und der Samur bei Kuba 1800 eng. F. über dem Meere. Obschon der Sulak die Gesteine aller Höhen des inneren Berglandes herabrollt, gelang es mir erst nach vielem Suchen, ein einziges Felsitporphyrgeschiebe an seinen Ufern aufzufinden. Der Charakter des wahren alpinen Hochgebirges ist auf der ganzen Südosthälfte des Kaukasus verschwunden. Die wenig festen, meistens kalkigen Schiefer- und Sandsteine der Kammregion entwickeln keine der Gletscherbildung günstige Formen, und nur die absolute Grösse der ausgedehnten Plateauerhebung des neccomen Kreidegebirges im Schach-Dagh gestattet daselbst in der Vorkette den einzigen schwachen Repräsentanten einer wirklichen Gletscherbildung, welche der südöstliche Kaukasus vom Kazbek an überhaupt besitzt.

Die Mergel, Kalke, Sandsteine, Conglomerate, Breccien und Schiefer, welche mit petrographischer Monotonie diese ganze südöstliche Gebirgsseite zusammensetzen, tragen fast überall das unveränderte Gepräge neptunischer Bildung. Dagegen hat wie immer an das Erscheinen krystallinischer Gesteine geknüpfte metamorphische Einwirkung in der nordwestlichen Hälfte des Gebirges zwischen dem Archotis und Tschochus-mtha, dem Kazbek und Elburuz, demselben geologischen Horizonte angehörige Schichten vollständig umgewandelt und ihre Parallelisirung mit gleichzeitigen Bildungen sehr erschwert. Die grosse Zone der krystallinischen Gesteine im Kaukasus, die ich von der Kammhöhe der Gletscher des Chinderej und Enderej an den Kubanquellen westlich vom Elburuz an in ihrer ganzen Ausdehnung verfolgt habe, löst sich östlich vom Terekthale gewissermassen in parallele von O.-W. streichende Gangzüge von grünsteinartigen Labradorporphyren und Dioriten auf. Die letzten erforschten Eruptivsysteme dieser Art von wirklicher orographischer Bedeutung welche das Schieferterrain gangförmig durchsetzend östlich vom Kazbek krystallinische Centralerhebungen bilden, sind der Archotis-mtha und der Tschochus-mtha auf der Gränze zwischen den Thälern der östlichen Terekzuflüsse und von Chewzurien. Die Anhäufung Bergkrystall führender Gänge von Quarz und einer Felsart welche dem Sericit gleicht [1]) in der Nähe der Contaktzonen auf welchen siliciöse und variolitische Breccien- und Conglomeratmassen saalbandartig das Eruptivgestein begleiten, so wie die localen sich auch hier anschliessenden Uebergänge der weichen Schiefer in Glimmerschiefer, zeigen bis zur Evidenz, dass Kieselinjectionen, Metamorphose der Schiefer und Sandsteine und das mit der Erhebung der geschichteten Massen verbundene gangförmige Hervortreten von krystallinischen Gesteinen im Kaukasus sich gegenseitig bedingende Erscheinungen waren.

Die Uebersteigung des kaukasischen Hauptkammes zwischen dem Kazbek und dem kaspischen Meere an fünf verschiedenen Stellen, ein zweimaliger Besuch der inneren Thäler von Daghestan wie der von Tabasseran und der Samurzuflüsse, und die Erforschung der Thalgebiete der Pschawzen und Chewzuren bis zur Festung Schatill innerhalb der Schiefer- und Sandsteinzone der Kammregion gaben mir vollständige Gelegenheit paläontologische Kriterien zur Altersbestimmung der Schichten zu sammeln, welche die südöstliche Hälfte des Kaukasus zu-

1) Ich halte diesem Kaukasus gewöhnlich gangförmig auftretende Felsart für ein inniges Gemenge von Quarz und dem von List in den Taunusschiefern nachgewiesenen Sericit.

sammensetzen; allein es ist mir nicht gelungen auf diesem Wege auch nur eine paläontologische Thatsache zu gewinnen, im Stande die Vermuthung zu begründen, dass die paläozoische Zeit irgend welche Bildungen zwischen dem Terek und dem kaspischen Meere zurückgelassen haben sollte. Diesen negativen paläontologischen Beweisen sind später anzuführende positive Angaben von dem geologischen Alter der Schiefer- und Sandsteine gegenüberzustellen welche von den Kreidebildungen im südlichen Kaukasus concordirend überlagert werden, deren von mir gesammelte organische Einflüsse durch Herrn v. Buch beschrieben worden sind.[1])

Aus geognostischen Gründen, die ausführliche Schilderung und Belege an einer anderen Stelle verlangen genöthigt sie für älter zu halten als die Steinkohlen einschliessenden Sandsteine die ich im Liegenden des Neocomien im Innern von Daghestan beobachtet habe, werde ich in dem Folgenden die Gründe angeben, weshalb dieser Schieferformation des südöstlichen Kaukasus das derselben durch Dumont gegebene Prädikat paläozoische Bildungen nicht beigelegt werden kann. In der Beschreibung eines Profils,[2]) welches die graphische Darstellung der Formationen giebt, die auf dem nördlichen Abhange des Kaukasus zwischen dem Elburuz und dem Beschtau in ungestörter Reihenfolge von den jüngsten bis zu den ältesten beobachtet werden können habe ich Conglomerate und Sandsteine angegeben, die ein Formationsganzes bilden, welches die granitischen Gesteine und die krystallinischen Schiefer in übergreifender Lagerung bedeckt. Das geologische Alter dieser Gruppe kann nicht zweifelhaft sein, da ihre oberen arkosartigen und thonig-psammitischen Schichten, welche bauwürdige Steinkohlen einschliessen, unmittelbar in einen schiefrigen, eisenreichen oolitischen Kalkstein übergehen, der die Steinkerne und Schaalen charakteristischer Fossilien des deutschen braunen Jura einschliesst unter welchen: *Pecten disciformis*, *Trigonia signata*, *Terebratula varians* kaum zu bezweifeln sind. Die petrographische Natur der Kohlensandsteine und der mit ihnen verbundenen, bereits Kohlenspuren führenden Conglomerate zeigt, dass das krystallinische Massengebirge auf dem sie ruhen nebst rothen Feldspathporphyren das alleinige Material zu ihrer Bildung geliefert haben. Neben den Trümmern granitischer Gesteine enthalten diese Conglomerate dergleichen von talkigen Glimmerschiefer mit Eisengranaten; Chloritschiefer; Hornblendeschiefer; Talkschiefer; grauwackenartigen Quarzgestein und kiesligen Schiefern. Wirklicher kaukasischer Thonschiefer ist in dieser klastischen Gesteinsgruppe nur wenig vertreten, da diese Felsart in der ganzen Umgebung der krystallinischen Massenerhebung des Elburuz beinahe ausschliesslich durch die krystallinischen Schiefer vertreten erscheint und in ihrer Verbindung mit den letzteren erst in den von der centralen Gebirgsmasse seitlich entfernteren Querthälern der Kette anzutreffen ist. In diese war daher die Untersuchung zu verlegen, um die hier zunächst wichtige Frage über das wahre geognostische Verhältniss zwischen den kohlenführenden Sandsteinen und dem Thonschiefer zur Lösung zu bringen.

Die Aufgabe, die Ausdehnnng der Steinkohlenformation deren Abbau am Kuban betrieben wird in südöstlicher Richtung zu untersuchen und die Gränze kennen zu lernen, wo in

1) Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Berlin. 1851. Band III. pag. 15.
2) Zeitschrift für allgemeine Erdkunde. Berlin. 1853. Band I. Heft IV. Tome V. pag. 247.

dieser Richtung möglicher Weise in den Querthälern von Balkar, Chulam, Tschegem, Digori und Alagir noch Kohlen zu erwarten, sein könnten war hiermit verbunden. Es zeigte sich dass die Kohlensandsteinformation deren grösste Mächtigkeit im Meridian des Elburuz im Eschkakonthale 7 bis 800 Fuss beträgt mit der seitlichen Entfernung von der fundamentalen granitischen Wölbung allmählich abnimmt, indem sie durch eine dunkle, sehr thonige Mergelschieferformation vertreten wird, welche mit eisenschüssigen schiefrig-thonigen Sandsteinen in unterer Abtheilung geognostisch verbunden, durch eine grosse Menge von sphärosideritischen Concretionen, abgeplatteten Geoden und Mandeln besonders ausgezeichnet ist. Mit der zunehmenden Entwickelung dieser dunkeln Schiefermergel, treten die eigentlichen hellen Kohlensandsteine zurück. Die schiefrigen Sandsteine die sie vertreten schliessen mitunter nesterartige Lager von Steinkohle ein, die keine Aufmerksamkeit verdienen; wenn auch diese verschwinden, deuten die noch lange in östlicher Richtung bis zum Fiag-Don-Thale anhaltenden verkohlten Pflanzentheile dieser Schichten auf Horizonte für welche der Elburuz und das Innere von Daghestan Mittelpunkte bilden. Im grossen muldenförmigen Querthale von Digori fand ich die Kohlensandsteinformation noch einmal in der grossartigsten Entwickelung übergreifender Lagerung auf den Graniten und krystallinischen Schiefern, von denselben nur durch ein kalkreiches Lager von thonigschiefrigen Sandstein getrennt, in welchem *Terebratula varians*? neben schwer zu deutenden anderen Acephalen zu erkennen war. In dem benachbarten Querthale von Alagir zeigte sich der Uebergang der Sandsteine in der so eben angedeuteten Weise vollständig; noch einmal traten die Spuren nesterförmiger Kohlenlager in den dunklen schiefrigen Sandsteinen, Sandmergeln und Thonletten hervor; undeutliche Spuren von Pflanzenorganen in diesen Schichten deuteten auf Reste von Farnkräutern, Equiseten und Coniferen. Natürliche Profile zeigten hier ohnweit des Dorfes Chod dass die so eben angedeuteten Bildungen mit Pflanzenspuren im concordirenden Lagerungsverhältniss auf dunklen und festen Schiefern ruhen, welche mit den bekannten dichten feinkörnigen und grauen Sandsteinen abwechseln, und dem Typus des ächten kaukasischen Thonschiefers völlig entsprechend, zu beiden Seiten des Nari-Don-Thales mit der charakteristischen Eigenthümlichkeit doppelter Schichtenabsonderung, und hier besonders gehäuften Sphärosderit- und Eisenkieseinschlüssen anstehen. Unmittelbar auf jenen Aequivalentschichten der hellen Kohlensandsteine vom Kuban lagert hier in der steil aufsteigenden Felswand der secundären kaukasischen Vorkette, im reinen Profile entblösst, eine bedeutende Schichtengruppe von unreinen gelbbraunen eisenreichen Kalkschichten die, allmählich in Bänke eines wirklichen Eisenoolith übergehend, mit kalkigen eisenhaltigen Thonmergeln von fester Beschaffenheit abwechseln, dann aber wieder dichten bräunlichen krystallinischen Kalken Platz machen, die sich durch einen besonderen Petrefaktenreichthum auszeichnen und in demselben eine dem braunen Jura oder dem *terrain exfordien inférieur* auf das vollkommenste entsprechende *Facies* darstellen auf welche später noch einmal zurück zu kommen sein wird. Durch alle diese Verhältnisse erhält die Ansicht, welche die älteren kaukasischen Schiefer der untersten Abtheilung der Juraformation überweist ein um so grösseres Gewicht, als alle geognostischen Wahrnehmungen die ich in sämmtlichen Theilen des von mir durchwanderten Gebirges in Betreff der

Schieferformation und ihrer geologischen Beziehungen zu benachbarten anderen Bildungen gemacht habe, keine einzige Thatsache darbieten die sich mit den geologischen Schlussfolgen in Widerspruch befände, zu welchen die vergleichende Untersuchung sämmtlicher Formationen berechtigt, die überhaupt dem Theile des kaukasischen Gebirges angehören, der von der krystallinischen Gesteinszone durchsetzt wird. Die mit allmählicher Terrainerhebung verbunden gewesene metamorphische Aktion, welche das Centralgebiet des heutigen kaukasischen Gebirges in der Richtung von OSO.-WNW. vollständig veränderte und umgestalltete, so wie die, mit dem Hervorbrechen rother Feldspathporphyre zusammenhängende Bildung der Conglomerate und Kohlensandsteine, die sich mit entschiedener Intensität der Centralregion jener Wirkungen anfügte, erscheinen jenen Schlussfolgen conform, als Phänomene ein und derselben geologischen Episode von grössester Lokalbedeutung für den Kaukasus, welche im Anfang der Juraperiode eintrat und allem Anschein nach die Uebergangsperiode von der Liaszeit zu der des braunen Jura oder des *terrain exfordien inférieur* ausgefüllt hat.

Indem diese Vorstellung die ganze kaukasische Schieferformation, sowohl die von der metamorphischen Aktion ergriffene nordwestliche, wie die zum grösseren Theil im normalen Zustande verharrete südöstliche zwischen dem Terek und dem kaspischen Meere für älter oder gleichzeitig erklärt als das *terrain exfordien inférieur*, so hat sie damit den Vortheil des negativen paläontologischen Beweises für sich. Es stützt sich derselbe auf die übereinstimmenden Resultate der sorgfältigsten Nachforschungen die von mir auf beiden Abhängen des kaukasischen Gebirges in einer Vielzahl nur irgend zugänglicher Thäler angestellt worden sind. Nicht ein einziger paläontologischer Beweis für das von Dumont in Anspruch genommene paläozoische Alter irgend welches Theiles des kaukasischen Gebirges hat sich bis jetzt auffinden lassen.

Die geologischen, Thonschieferbildung bedingenden Umstände im Gebiete des heutigen kaukasischen Gebirges scheinen vom Beginne der Juraperiode an bis in die Kreidezeit hinein mit seltener Dauer und Gleichheit obgewaltet zu haben; so sind im ganzen Baue des Gebirges verbreitete homogene-psammitische und pelitische Steinarten von grosser mineralogischer Aehnlichkeit entstanden, welche die Unterscheidung der Formationen, zumal bei hinzugetretener metamorphischer Einwirkung sehr erschweren. Indessen darf sich mit diesen Bildungen die Vorstellung absolut azoischer Schichten durchaus nicht verbinden. Von den metamorphischen oder krystallinischen Schiefern ganz absehend, zeigen die Gesteine der kaukasischen Schieferformatien im Allgemeinen eine dreifache lithologische Verschiedenheit. Als die relativ für das Ganze der Bildung ältesten Gesteine dieser Gattung sind dunkelgraue, meistens gar nicht, zuweilen schwach mit Säure brausende und mitunter seidenglänzende Schiefer zu betrachten, die mit gleichgefärbten eigenthümlichen kryptokrystallinischen Sandsteinen wechseln und den Charakter der transversalen Schieferung mit Wellenfurchen auf den Schichtungsflächen verbinden. Doch haben diese Schiefer noch in keiner Gegend des Kaukasus die oft gesuchten charakteristischen, feinblättrigen Varietäten des Tafel- und Dachschiefers der eigentlichen Uebergangsperiode gezeigt. Bisweilen wechseln mit den angedeuteten Felsarten dunkelgraue, dichte

oder körnige, meistens dickschiefrige Kalke, die einen stark bituminösen Geruch beim Anschlagen entwickeln. Eine Varietät solcher Kalke ist durch Beimengung von abgerundeten Quarzkörnern und schwer zu deutenden kleinen thierischen, äusserst zahlreichen Organismen charakterisirt, unter welchen kleine sehr zierliche *Exogyren*, *Natica* und noch andere unbestimmbare Gasteropoden wahrzunehmen sind. Diese sandigen, dunklen bituminösen Kalke gewähren einen vortrefflichen geognostischen Horizont, da ich sie mit übereinstimmenden Charakteren, sowohl auf der Passhöhe des ossetinischen Gebirgskammes zwischen den Schieferpyramiden des Sekari und Broutzabsel (Heuschober) in 10095 F. Meereshöhe und in den Kesselthälern von Nari und Thrusso, wie innerhalb der Kammregion der südöstlichen Kaukasushälfte im Hochthale Kutkaschin unterhalb der Schieferpyramide des Fan-Dagh gefunden habe. Diesen dunkelgrauen Schieferbildungen ist eine sehr mächtige, ganze Gebirgsmassen bildende Schichtenfolge entschieden übergeordnet, welche schiefrige, mitunter etwas thonige Psammite von graubräunlicher Farbe mit sehr feinen Glimmerschüppchen auf den Absonderungsflächen und sandige mitunter sandsteinartige eisenoxydreiche Schiefer darstellt. Hauptglieder dieser sandig-thonigen Abtheilung sind indessen dunkele, nicht bituminöse, halbharte thonige Mergelschiefer, die ebenfalls mit festen in Platten brechenden schiefrigen Sandsteinen wechseln und in der Regel stark mit Säure brausen. Abgeplattete, sphärosideritische Concretionen mit schaaliger Absonderung und einem inneren festen Kern, der so wie die ganze Bildung niemals Einschlüsse thierischer Organismen zeigt, sind charakteristische Merkmale dieser mittleren Abtheilung der kaukasischen Schieferformation, die ich mit ihren der Verwitterung und Zerbröckelung stark unterliegenden glimmer- und quarzreichen thonigen Sandsteinen als Aequivalente der Kohlensandsteinformation der Elburuz-Umgebung weniger des inneren Daghestan zu betrachten geneigt bin. Geognostisch durch allmälige Gesteinsübergänge auf das Bestimmteste mit den angedeuteten psammitischen und pelitischen Bildungen verbunden, sind die hellgrauen Thonschiefer, in welchen der kohlensaure Kalk einen nicht unwesentlichen, aber quantitativ sehr schwankenden Bestandtheil bildet. Diese Felsarten wechsellagern mit grauen dichten Kalkschichten, schiefrigen Kalkmergeln und kalkigen Sandsteinen und überziehen sich unter dem Einfluss der Athmosphäre mit weiss gelblicher oder licht bräunlicher Rinde. Die ausserordentlich petrefaktenarmen Kalke dieser Abtheilung, die sich auf der südlichen Gebirgsseite am bedeutendsten entwickelt zeigen und selbst an dem Baue der Kammregion Theil nehmen, schliessen mitunter Zoophytenabdrücke aus der Classe der *confluenten Astreen*, sowie auch mitunter die Reste grosser dickschaaliger *Inoceramen* ein, welche für geognostisches Lokal-Verständniss und, zwischen Jura und Kreide unterscheidende Bestimmung der Formationen im Gebiete des problematischen Schieferterrains manche brauchbare Anhaltspunkte geliefert haben. Durch die Spuren von Zoophyten in den bisweilen grauwackenähnlichen Kalken aus der Abtheilung der dunkelgrauen Thonschiefer zu besonderer Aufmerksamkeit veranlasst, zweifelte ich kaum den ersten Beweis paläozoischer Organismen gefunden zu haben, als ich eine derartige Felsart in Verbindung mit normalem und seidenglänzendem Thonschiefer in geognostischem Zusammenhange mit den pag. 422 erwähnten krystallinischen Gesteinen des Dony-Syrthales antraf. Bedeutende Fragmente dieses, viel Schwefelkies einschliessenden nor-

malen Schiefers waren in eine poröse Eisenoxydhydratmasse verwandelt, in welcher ein Haufwerk organischer Reste in dem Zustande der vollkommensten Pseudomorphose blossgelegt erschien. Sehr unkenntliche Formen deuteten auf Brachiopoden mit gefalteter Schaale; deutlichere Formen schienen für Echinodermen und Zoophyten zu sprechen, wie sie dem paläozoischen Gebirge eigenthümlich sind. Die Gelegenheit einer Sendung von kaukasischen Fossilien nach Paris an die Herren de Verneuil, Deshayes und Jules Haimes gab Veranlassung ein Urtheil dieser Gelehrten über die problematischen Organismen des Schieferterrain aus Digori zu erhalten, welches in einem Briefe des Herrn Deshayes wie folgt lautete: «*Nous avons examiné tous les trois avec tout le soin possible vos échantillons et les polypiers que nous y avons trouvés nous ont fait soupçonner, à l'unanimité que ces terrains que vous semblez croire de transition, sont crétacés; car les polypiers en question sont de genre crétacé et se rapprochent beaucoup d'une espèce de Maestricht; c'est un cyclolyte très comprimé et vous savez, que ce genre ne ce rencontre jamais dans le terrain paläozoïque.*» Durch das Vorhergegangene glaube ich gezeigt zu haben, dass für das geologische Verständniss der Schieferformation des Kaukasus noch viel zu thun ist bis eine Sonderung der verschiedenen Glieder dieser verwickelten Bildung nach bestimmten Perioden möglich und den geognostischen lokalen Verhältnissen auf eine präcise und klare Weise anzupassen sein wird. Wenn es auch allerdings geschehen könnte, dass sedimentäre Bildungen der paläozoischen Zeit in dem Schichtenbau des Gebirges dessen nordwestliche Hälfte kaum erst an ihrer Peripherie geognostisch erkannt worden ist, durch organische Einschlüsse bewiesen mit der Zeit an das Licht treten, so ist es doch unverkennbar, dass die chromographischen Ausdrücke, welche die bis jetzt vorhandenen geognostischen Karten der Geologie des centralen Theiles des Kaukasus gegeben haben die richtigen nicht sein können. [1])

II. Die Juraperiode.

Die durch mich bereits im Jahre 1844 veranlasste Berichtigung einer früheren irrigen Vorstellung, welche die dunkelgrauen Schichten der paläozoischen Bildungen auf der Araxes-Thalebene, sowie auch die gleichgefärbten metamorphosirten Glieder der Kreideformation, welche in der Enge des Araxes zwischen Ordubad und Migri den Gosaubildungen entsprechen, für Juraformation erklärte, [2]) hat die Wahrscheinlichkeit keineswegs ausgeschlossen, dass der geognostische Horizont der Meeresniederschläge aus der Juraperiode auch Theile des armenischen Hochlandes in sich aufgenommen haben könnte. Meine Beobachtungen unterstützen diese Wahrscheinlichkeit durch geologische Induktionen, zu welchen die Lagerungsverhältnisse und die mineralogische Beschaffenheit gewisser Kalksteinbildungen auffordern, welche an dem Bau der die untere Stufe der Araxes-Ebene zwischen Nachitschevan und Ordubad begränzenden

1) Bulletin de la Classe physico-math. Tome XVI. Nr. 22. pag. 347.
2) Dubois de Montperreux, voyage autour du Caucase T. II, pag. 387.

Gebirge einen lokal überwiegenden Antheil nehmen. Zu dieser Kategorie gehören, wegen Mangel an erkennbaren organischen Einschlüssen problematisch gebliebene, zum Theil der krystallinischen Metamorphose unterlegene bituminöse magnesiareiche Flötzkalke, welche im Innern des grossen Erhebungsthales Baraga-Dzor auftreten, was zwischen Basch-Nuraschin und dem Orte Asna-Bert durch eine Erhebung hervorgebracht wurde, die in der Richtung S. 33° O. auf Schichten mit einem ursprünglichen Streichen von SW-NO. wirkte. Es bildet dieses merkwürdige Erhebungsthal physikalisch und geologisch richtig aufgefasst, den unteren Theil einer grossen Gebirgsmasse, die ich in dem pag. 405 angedeuteten Sinne genommen, als das System des Daralagez bezeichne. Die Centralpunkte der grössten paläozoischen Massenerhebungen im russischen Armenien befinden sich hier. Vom Nummulitenterrain, von der oberen Kreideformation und möglicher Weise auch von Jurabildungen überlagert, gewinnt das System seinen Culminationspunkt in der flachen 9060 Fuss über dem Meere befindlichen Wölbung von Kasanyaila und Gyneschik, zu welcher das Thal von Baraga-Dzor bei Asna-Bert sich radienartig verhält (T. VII. Prof. VI.). Es sind ferner hierher zu stellen: dichte licht bräunlich gefärbte plattenförmige Kalke von flachmuschligem Bruch, welche in der Enge des Araxes-Durchbruches zwischen dem Kloster Karmir-Wank und Djoulfi in unmittelbarer geognostischer Verbindung mit steil aufgerichteten paläozoischen Schichten gefunden und mit diesen in übergreifender Lagerung von dem Nummulitenterrain bedeckt werden (T. VII. dasselbe Prof.). Sehr wahrscheinliche Aequivalente dieser Kalke gewinnen auf persischer Seite jenseits des Araxes in dem ostwestlichen Gebirgszuge des Daradys-Dagh, südlich von dem Orte Gerger, in gleicher geognostischer Beziehung zu dem unterteufenden Bergkalke die Bedeutung einer sehr mächtigen selbstständigen Bildung. Die ausserordentliche Zerrüttung dieser, in verschiedenen Richtungen steil aufgerichteten Flötzkalke, welche übergreifend von Gaprotinen- und Rudistenkalken theilweis bedeckt werden, erscheint hier deutlich als das Resultat mehrfacher Hebungen, welche drei verschiedenen geologischen Perioden angehören. Die erste scheint das fundamentale paläozoische Terrain allein in hora 3 afficirt zu haben; die zweite wirkte in hora 9 diametral auf jene mit der indessen aufgelagerten problematischen Kalkformation; die dritte vollendete den Grundzug der heutigen plastischen Gestaltung nach Ablagerung der Kreideglieder in der Richtung hora 6. Ausdrücklich bemerke ich indessen, dass die Vermuthung, es könne sich in den angedeuteten dichten flachmuschligen Kalken um Jurabildungen handeln, von paläontologischer Seite bis jetzt positiver Begründung entbehrt, da ohnerachtet beharrlicher Bemühungen, organische Einschlüsse von entscheidendem Werthe in denselben nicht aufgefunden worden sind. Der einzige Abdruck eines Cephalopodengehäuses, den ich in der Araxes-Enge von Karmir-Wank entdeckte gestattet nicht mit Sicherheit zu erkennen ob dasselbe einem Ammonit oder Goniatit zugehört hat. Positiv und entscheidend sind dagegen Beweise von dem Dasein des Jura auf der östlichen Seite des südlichen kara-baghischen Gebirgszuges, dessen allgemeine geologische Grundzüge mit Rücksicht auf die Verbreitung der Erze in demselben pag. 431 besprochen worden sind. Nachdem der ächte Kreidecharacter der am angeführten Orte in ihrer allgemeinen Bedeutung hervorgehobenen Kalkformation bereits

erkannt worden, wurde zuerst im Grunde des Ochtschi Thales die geologische Stellung eines röthlichen, dichten marmorartigen Kalkes mit Echinodermenresten, namentlich Cidariten-Stacheln, Scyphien und Cnemidien Einschlüssen fraglich. Dieser rothe Kalkstein erschien daselbst als das Liegende des mächtigen Formationsganzen klastischer Gebilde mechanisch zerstörter sehr mannigfaltiger Eruptivgesteine von Psephit-, Psammit- und Pelitstructur, auf welchen die jüngere Kalkformation in discrodirender Lagerung in der Höhe der einseitigen Gewölbketten mit vorherschendem nordwestlichen Einfallen ruht. Noch einmal fand sich dieser ältere Cidaritenkalkstein unter sehr interessanten geologischen Verhältnissen auf dem Grunde des tiefen Basar-Tschai-Thales unterhalb des Klosters Tatief wieder, welches auf den Fragmenten eines colossalen Lavastromes ruht, der von dem kara-baghischen Centralplateau ausging (pag. 378). In der Nähe einer viel Travertin absetzenden Anthrakotherme von 19,3 R° am Vereinigungspunkte der romantischen Thäler des Sadana und Basar-Tschai verschwindet der von höherer Thalstufe herabkommende Fluss in enger Felsenspalte, welche eine mächtige Travertinwölbung in ähnlicher Weise überbrückt, wie die Travertin-Absätze der heissen Quellen bei Dyadin das Thal des Murad-Tschai überwölben. Der reiche, in weissen Spath verwandelte organische Inhalt des marmorartigen Gesteins hebt sich auf der vom Wasser polirten Oberfläche mit einer grossen Schärfe der Formen hervor und lässt die Glieder gestielter Crinoiden, neben den Asseln und Stacheln zahlreicher Cidarisarten zusammen mit Belemniten, Pentacriniten, keulenförmigen Scyphien und cylindrisch abgerundeten Cnemidien hervortreten. Trotz dieses reichen paläontologischen Inhaltes war es doch sehr schwierig nur einiges von den mitunter reliefartig hervorstehenden, grösstentheils oblitterirten Formen für nähere Bestimmung Brauchbare zu gewinnen, und muss die letztere sich aus diesem Grunde auch darauf beschränken auf das Vorhandensein der bereits genannten *genera* und eines *Apiocrinus*, wie auf die grosse Aehnlichkeit hinzuweisen, welche viele dieser Bruchstücke mit *Cidaris coronatus*, *C. Blumenbachii* und dem *Pentacrinus cingulatus* besitzen. Die solcher Art durch die ganze vorliegenden *Facies* bestimmt gegebene Andeutung von dem Vorhandensein der ächten Aequivalentschichten des mittleren weissen Jura erhielt an einer anderen Stelle desselben Thales eine noch stärkere Begründung, durch den Erhalt eines vollkommen ausgebildeten nur etwas verdrückten Exemplares von *Terebratula lacunosa* welche ein glücklicher Schlag aus der Mitte eines vom steilen Felsufer des Flusses herabgestürtzten Blockes eines dichten grobsplittrigen Kalkes zu Tage förderte. Mit Rücksicht auf die grosse mineralogische Aehnlichkeit der hier geschilderten petrefaktenreichen Jura-Kalke aus dem Basar- und Kapan-Flussgebiete mit den als problematisch bezeichneten dichten petrefaktenarmen Kalkbildungen aus dem Araxesthale, dem Systeme von Kasan-Yaila und dem Daradys-Thale wird die Wahrscheinlichkeit begründet, dass diese Kalkformationen mit Inbegriff der Dolomite im Baraga-Dzor-Thale bei Asna-Bert ein und demselben Horizonte einer weit verbreiteten oberen Juraformation angehören, deren weitere Ausdehnung in Nord-Persien bereits manche Gründe für sich hat. Das Vorhandensein des oberen Jura innerhalb der Elburuz-Kette südlich von Massula ist von mehreren

Beobachtern übereinstimmend behauptet, aber leider bisher durch genügende paläontologische Beweise noch nicht ausser Zweifel gestellt worden. [1])

Jurabildungen im Kaukasus.

Für die Nordseite des Gebirges ist hier zunächst an dasjenige anzuknüpfen was pag. 442 in Bezug auf die Natur der Sedimentbildungen abgehandelt worden welche überhaupt im Kaukasus sich der Beobachtung als die ältesten darbieten. Unmittelbar über den eisenschüssigen Sandsteinen, Sandmergeln und schiefrigen Thonletten, die mit den (p. 447), näher charakterisirten dunklen Sphärosiderit führenden Mergelschiefern verbunden sind und nahe bei dem Dorfe Chod in Alagir noch wirklich gute aber nicht bauwürdige Steinkohle mit deutlicher Holz-Struktur einschliessen, kommen dichte bräunliche, krystallinische aber sehr sandreiche Kalke mit zahlreichen Pentacriniten Stylen und Armresten erfüllt vor. (*Pentacrinites subteres Münst.*) Sie alterniren mit ähnlichen Schichten, die den kleinen bis $^3/_4$ Zoll grossen *Pecten personatus Münst.* oder *P. pumilus Lam.* einschliessen, der den Sandmergeln und gelbbraunen Sandsteinen des unteren braunen deutschen Jura so eigenthümlich ist. In etwas höheren Schichten wird eine gefaltete Ostrea neben einer glatten herrschend, deren plattgedrückte Formen der *Ostrea cristagalli* und *eduliformis* das vollberechtigte Wort reden. In der mittleren Region der braunen, mehr sandhaltigen eisenschüssigen und festen Kalksteine sind einige Bänke ausserordentlich petrefaktenreich und besonders durch viele Species glatter und gefalteter Terebrateln charakterisirt. Da fast alle Versteinerungen aus diesen braunen, mitunter halbkrystallinischen Kalken gut erhalten waren, so dürfen die Bestimmungen der folgenden Arten Anspruch auf Genauigkeit machen. Unter den glatten Terebrateln sind erkennbar: *Terebratula perovalis Sw.* in vielen leisen Uebergängen zur biplicaten Faltung. — *T. biplicata Sw. var. inflata;* wie in Würtemberg so auch hier; nur als deutlich gefaltete Modification der *T. perovalis* zu betrachten Terebr. v. Buch p. 105. — *T. vicinalis Schl;* übereinstimmend mit der von Buch p. 85 beschriebenen. *Terebr. emarginata. Sw.* Tab. 435; Neigung zum Kiel auf dem Rücken unverkennbar; Bauchschaale flach. — *T. bullata Ziet.* 40. 6; varietätenreich; wenn die sinusartige Vertiefung zunimmt nähert sich die Form der *T. Fischeriana*; noch tieferes Eindringen des sinus würde zur *T. diphya* führen. Die gefalteten Terebrateln sind vertreten durch: *T. tetraedra Sw.;* Formen, die mit *T. quinque* und *triplicata Zieten* und mit *T. media. Sw.* Tab. LXXXIII fig. 7. noch besser als mit fig. 6. derselben Tafel übereinstimmen. Die constanten 6 Falten, auf dem Wulst so wie die übrigen Eigenthümlichkeiten stimmen mit den Formen die Quenstedt p. 212 aus dem unterem Jura beschreibt. — *T. varians Schl.*; nach *T. perovalis* die häufigste; bietet eine grosse Reihe von varianten Formen dar. Eine unbestimmte, der *T. rostriformis.* Röm. II. fig. 24. sehr gleichende Form. Mit den Terebrateln in gleichen Schichten zusammen: — *Nucleolites scutatus Lam.* III. 36; ferner *Disaster*; vollständig der *Dyagnose* entsprechend welche Agassis Mon.: IV. 10. T. 2. fig. 8 bis 19 von dem *D. annalis* giebt. — *Pecten fibrosus Sow.* und — *P. demissus Phill.* mit *Ammonites tatri-*

1) Bulletin de la societé géolog. de France. 1838. Tome VII. pag. 503.

cus; *Nucleolites scutatus. Terebrat*: *tetraedra* und *varians* etc. zusammen. *Cucullaea;* der *cylindrica Phill.* sich annähernd. *Gervilia*: der *tortuosa* oder *Gastrochaena tortuosa* L. v. Buch's verwandt.

In sehr eisenreichen oolithschen Kalkstein, der demselben Horizonte wie die vorstehenden Schichten im Nari-Donthale angehört kommen vor: *Ammonites gemmatus Phil. (A. Jason d'Orb.* Pl. 160.) — *Ammonites lunula*; entsprechend, d'Orb. pl. 157 und *Murch. Russia* Tab. XXXIII. fig. 9 — 13. — *A. tatricus*; sehr entsprechend: d'Orb. pl. 180. pag. 489. — *A. tortisulcatus*: nahe übereinstimmend mit d'Orb. pl. 180. pag. 489. — *A. coronatus Schl.* d'Orb. 168. 169. pag. 465. — *A. Zignodianus;* sehr entsprechend. d'Orb. pl. 182. p. 498. — *A. Athleta Phill.;* sehr nahe der Abbild. und Beschreib. Phill. 6. 19. — *Belemnites canaliculatus Schl.* gewiss; und — *B. hastatus Blainv* 2. 4; wahrscheinlich. — *Discoidea*; wahrscheinlich *concava Ag.* Taf. 9. fig. 4 — 6.

Ganz abgesehen von dem petrefaktologischen Character der Kalkformation, welche die obere Abtheilung der kaukasischen Vorwälle zusammensetzt, zeigt dieselbe in ihren petrographischen Verhältnissen eine so grosse Analogie mit den oberen weissen Jura-Kalken in Schwaben, dass es seltsam sein würde wenn etwa noch schwebende Zweifel über die paläontologische Natur mancher ihrer Einschlüsse sich bei fortgesetzter Untersuchung nicht zum Vortheil jener petrographischen Voraussetzung auflösen und jene Kalkformation als ein Aequivalent des deutschen unteren und oberen weissen Jura nicht in ihrem ganzen Umfange bewiesen hervortreten sollte; wo denn *Portland* und *Corallien* beiderseits repräsentirt sein würden. Drei Hauptvarietäten des Gesteins lassen sich auch hier in dem Formations-Ganzen des weissen Jura unterscheiden, wie sich derselbe über den so eben berührten Bildungen des braunen Jura von Oben nach Unten darstellt. Die Uebersicht nimmt ihren Ausgang von dem Gipfel des Kariu. Mit diesem Namen bezeichnet die Nomenklatur der ossetinischen Orographie den pyramidalen Culminationspunkt desjenigen Theils der nördlichen kaukasischen Vorkette, der westlich durch das tiefe Thal des Ar-Don und östlich durch dasjenige des Genal-Don ausser Verbindung mit der ganzen Kette gebracht, den Charakter einer selbstständigen alpinen Gebirgserhebung, eines Systems für sich annimmt. Das grosse, aus krystallinischen ungeschichteten und geschichteten Felsarten, und aus Gliedern der Schieferformation zusammengesetzte Querjoch, welches von den Massenerhebungen des Styr-Choch und Archon-Choch im kaukasischen Kamme ab, nach Norden gerichtet die genannten Thäler sondert, endet an den senkrecht emporsteigenden Dolomit-Terrassen des Kariu. Die bekannten braunen schieferigen Sandsteine von p. 449 und die dunklen sandigen Mergelschiefer mit spärlichen Pflanzenresten fallen hier in einer absoluten Höhe von 6444 e. F. unter die Kalk-Massen des Kariu ein, dessen nahe die Schneeregion tangirender Gipfel sich über dieser Passhöhe zwischen dem Ar-Don und Genal-Don nach meiner Messung noch 4343 e. F. erhebt. Der Gipfel des Kariu versetzt den Beobachter genau innerhalb der von O-W. gerichteten Achse (pag. 374) des grossen Contreforts welches in grader Linie bis zum Zoroy-Lam am östlichen Ende des Gebietes der Kisti der Galgai und der Zori in einer Entfernung von 75 Werst gesehen wird. Die Bastionen, welche innerhalb dieser von O-W. gerichteten Kammlinie einer einseitigen, mit ihren Steilwänden gegen das Hauptgebirge abstürzenden Gewölbkette gesehen

werden, in welcher die Direktionselemente α, β, γ und ε (pag. 364) übereinstimmen, sind die folgenden: bis zum Terek-Thal: der Tobau, Gamachta, Koradjin und Masoradjin; jenseits des Terek bis zum Durchbruch der Assa: der Dyk, der Kamm-Matoch, der Gerti und Gelochoi-Lam; jenseits der Assa: der Dala-Olgen, Galgai-Lam und Zoroy-Lam. Gemeinsamer muldenförmiger Einsenkung angehörig werden hinter einander die Thäler gesehen, welche zwischen jenen Bastionen der Contreforts und dem hohen Schieferkamme mit seinen nach Nord auslaufenden Querjochen sich von O-W. nebeneinander reihen. Nördlicher von der so eben angegebenen Reihe der isolirten Contreforts von 10 deutschen Meilen Länge, deren steil gegen Norden einfallende Schichten besonders am nahen Tobau scharf ausgeprägte Terrassen bilden, hebt sich die zweite muldenförmige von O-W. gerichtete Einsenkung hervor, in deren Grunde das *Neccomien* mit dem *Gault* auftreten. Jenseits der in gleicher parallel Richtung alignirten Kreide-Vorwälle, die zwischen Redant und Balta im Terek-Thale im senkrechten Querdurchschnitt gesehen werden, wird die letzte tertiäre Hügelkette ebenfalls deutlich von O-W. gerichtet erblickt, die sich der Kreide auflagert und mit allmählich geneigten Abhängen zur Ebene hinab zieht, deren Saum weiterhin Wladikavkas berührt. Mit grosser Klarheit sind von diesem hohen Standpunkte die Wirkungen der grossartigen Einsenkungen zu beurtheilen welche die enormen Kalkmassen zu beiden Seiten des Thalspaltes des Ar-Don aus ursprünglicher Verbindung gebracht und correspondirende steile Thäler ausgebildet haben die sowohl von der Gipfelregion des Kariu, wie des benachbarten Tobau innerhalb der Erhebungachse der ganzen Contrefort-Reihe zum Ar-Don hinunterziehen; Einsenkungen von welchen die steilen Wände der Contrescarpen von dem Innern der Thäler Genal und Fiag-Don gesehen, keine Ahnung gaben; denn man erwartet, dass jenseits der scharfen Ränder der Contrescarpen das Glacis sich unmittelbar zur Ebene senken werde. Die mittlere Partie innerhalb der Erhebungsachse der Vorkette wurde mit wenig geneigten, beinahe horizontal liegenden Schichten zur grössten Höhe geführt; aber theilweis brachen in der Längenrichtung des so aufsteigenden Dammes ganze Etagen ab, senkten sich nach der Südseite hinab und bildeten nicht selten Vorstufen, die mehr oder minder späteren Zerstörungen wichen und mit ihren Trümmern die fundamentale Schieferformation überschütteten. Die Grossartigkeit dieser Trümmerbildung steigert sich schon im Genal-Don und wird noch bedeutender in Alagir. Auch auf der Nordseite der Vorkette fanden solche Brüche aber nicht immer statt. Gewöhnlich zeigen sich dieselben Schichten, die Oben die scharfen Ränder der Contrescarpen bilden, in einer steil geneigten Lage; aber häufig haben sich die Schichtenlagen verschoben, sind übereinander abwärts gerutscht und liegen wie Ziegel eines Daches übereinander; tiefe und steile Barancos, führen in solchen Fällen wie z. B. am Tobau in ein Labyrinth von Schluchten und Rissen, wo es fast unmöglich ist, die steilen Abhänge von der Aussenseite zu erklimmen. Die Steilstellung dieser Lager, die ganz besonders in dem Gebiete der Contreforts zwischen dem Uruch und der Assa östlich von Wladikavkas stark ist, beschränkt sich aber nur auf die äusseren Glieder der Kalk-Etage, denn je tiefer man in den eigentlichen Körper der Kalke eindringt, um so mehr nehmen die Neigungswinkel ab und stimmen dann in der Regel mit denjenigen, womit die

Schieferformation sich unmittelbar unter dem Kalke entwickelt. Das letztere findet in sehr bedeutender Höhe statt sowie es am Kariu, am Tobau und westlich zwischen Alagir und Digori der Fall ist. Es ist ersichtlich, dass die mittlere Mächtigkeit der Jura-Kalkformation gegen N-W. ziemlich nahe dieselbe bleibt und dass die Niveaudifferenzen der Ränder der Contreforts unter sich abhängen von den Niveaus der Schieferwölbungen; wobei natürlich die Effekte der Einsenkungen und Einstürze der Massen innerhalb der grossen Querspaltungen mit zu berücksichtigen sind, welche als Querthäler die Wasser der Thalsysteme des inneren gesprengten Gebirgs-Ganzen zur Ebene abführen. So ist der Bau des Kariu von erhabener alpiner Schönheit, besonders gegen Osten wo die grösseste Einsenkung die getrennten Gebirgstheile weit auseinander hält; ein steiles Felsenthal mit senkrechten Wänden und isolirten Pfeilern bedingend, welches terrassenförmig zum Ar-Donthal hinabführt. Die Natur des Kalkes in oberer Höhe ist durchgängig die eines dichten lichtgrauen dolomitischen Gesteins mit sehr vielem Kalkspath, der oft derbe Schnüre und nesterförmige Massen bildet. Der wenig consistente Kalk wechselt mit ziemlich festen grobsplittrigen Partieen von bedeutenden Bitumen-Gehalt, dem Charakter des Stinksteins entsprechend. Bisweilen wird der Dolomit-Charakter der Felsart ausserordentlich marquirt und nimmt in verticaler Richtung durchgehende Zonen in dem Hauptkörper der Kalkmassen ein, welche die partiellen Anhäufungen dolomitischen Sandes an den Abhängen begünstigen. Die sparsam in der oberen Höhe vorkommenden Fossilien sind: *Terebratula trilobata Münst.;* syn. *T. inaequilatera Gf.* Ziet. 42. f. 4; v. Buch 51; sehr bestimmt der Beschreibung entsprechend. — *T. lacunosa;* syn. *T. media Ziet.*; einige Falten sind ohne deutliche dichotome Zerspaltung: diese Terebratel findet sich sehr häufig am Kariu, und zeigt übereinstimmende Varietäten mit *T. Grafiana Pusch* III. Tab. 3. fig. 9. — *T. perovalis insignis;* Sow. 436. 45. Pusch *T. perovalis* Taf. IV. fig. 5. *var.*, von der bei Quenstedt 484. beschriebenen Art, jedoch fehlen die Charaktere der fein punktirten Schicht der Oberfläche und der feinen Radialstreifen bei der *T. perovalis* aus Ossetien. — *Spondylus velatus Gf.* Goldf. 105. fig. 4; sehr wahrscheinlich. — *Pecten subspinosus Schl.* vollkommen übereinstimmend mit dem von Quenstedt beschriebenen *P. subspinosus.* — *Astraea microconus Goldf.* 216; stimmt sehr gut mit der Art der Autoren. Grobe zuckerförmige Kalke von lichtgelblicher Färbung und homogene Kalke mit weissen milchigen Kalkspath durchschwärmt, sind ohne bestimmte Schichtung mit den dolomitischen Kalken verbunden. Beide Gesteine durchdringen sich gegenseitig auf unbestimmte Weise. Ein bedeutender Kieselerde-Gehalt der diesen oberen Kalken vom Kariu eigenthümlich ist scheidet sich in kleinen und grossen keulenförmig gebildeten Knollen als unreiner Chalcedon von bräunlicher Farbe aus.

Die Kalke der mittleren Region zeigen eigenthümliche Zerklüftungen; die oft ausgezeichnet deutliche Schichtung verschwindet; und es entstehen plumpe überhängende Felsmassen; das Gestein gleicht dann völlig einer Breccie aus eckigen, mehrere Zoll grossen Bruchstücken zusammen gefügt und ist sehr bituminös. In dieser Gesteins-Varietät sind häufig *Terebratula inconstans Sow.*; syn. *T. difformis Lam.*: — *T. spinosa v. Buch* über Terebrateln pag. 78; zusammen mit *T. plicatella Sow.*; syn. — *T. quadriplicata Ziet.* und — *T. dissimilis Münst.*; v.

Buch pag. 50. Aus rothen dolomitischen eisenreichen Kalk von gleichem Horizont bei dem Aul Biss im Ar-Don-Thale, sehr annährend; vielleicht nur eine Varietät der *T. lacunosa.*

Einer tieferen Region als diese eisenschüssigen sehr bituminösen Kalke scheinen unreine mit dunkelgrauen thonigen Kalkmergeln wechselnde Kalkbänke anzugehören, die mit Spongiten und Lederkorallen erfüllt sind, wie sie den mittleren weissen Jura Deutschlands bezeichnen. Indessen finden sich keine Sternkorallen in diesen massigen Korallenbänken die am Passè zwischen Alagir und Digori eine approximative Mächtigkeit von 80 bis 100 Fuss besitzen. Die tellerförmigen und rindenartigen Gestalten, vielleicht Cnemidien walten vor; Cydariten mit ihren Stachelresten erscheinen gleichfalls aber sparsam; mit ihnen findet sich *Cidaris crenularis Goldf.* Im Liegenden solcher Korallenbänke tritt eine ansehnliche Etage von unreinen gelbbraunen Kalkschichten ein, die durch bräunliche krystallinische sandige Kalke mit kalkigen eisenoxydreichen Thonmergeln in wirkliche Eisenoolithe übergehen und die bereits erwähnten Pentacrinen-Schichten mit *Pecten personatus* erreichen. Der hier angedeutete Pentacrinit scheint derselbe zu sein den Quenstedt (pag. 374 Flötzgebirge Würtemberg 1851) als in den Thonen der *Am. Parkinsonii*-Schichten zum ersten Male im oberen braunen Jura vorkommend beschreibt und von dem er sagt, dass er nicht allein hoch in dem weissen Jura hinaufreiche, sondern dass ihm zur Seite zu stellende Formen selbst in der weissen Kreide vorkommen. Manche Bruchstücke dieses Pentacrinit aus dem Ar-Don-Thale zeigen 5-kantige Glieder sehr deutlich; sie entsprechen solchen Stielgliedertheilen an welchen die Hülfsarme einsetzen, deren glatte und kurzgliedrige Bruchstücke besonders zahlreich sind. Eine Erweiterung des Aufschlusses über den Grad der Vollständigkeit, womit der obere weisse Jura auf der Nordseite des Kaukasus zur Ausbildung gelangt ist, hat die bereits vorhin erwähnte Trümmerbildung geliefert welche die Bruchstücke, durch dynamische und chemische Wirkungen zerstörter Theile des früher in bei weitem grösseren Umfange vorhanden gewesenen Kalkgebirges, durch eine bindende Dolomit ähnliche Masse zur festen marmorartigen Breccie verkittet einschliesst Die Lagerungsverhältnisse dieser mitunter in grossen Massen anstehenden Felsart scheinen zu zeigen, dass der Zerstörungsakt des ursprünglichen Gesteins von metamorphosirenden Phänomenen begleitet gewesen, von welchen zu glauben ist, dass sie mit den Umständen welche zu der Bildung der grossen Weitungen der Querthäler zwischen dem Hauptgebirg und der Vorkette den Grund legten in einer nothwendigen Causalverbindung gestanden haben. Die Intensität des Phänomens, muss der Grösse und dem Umfange der hier Statt gehabten Wirkung proportional gewesen sein und erläutert die auffallenden histologischen Umänderungen befriedigend, welche ein grosser Theil der dem Hauptgebirge zugewendeten Kalk-Massen entschieden an dem Orte ihrer Lagerung selbst erfahren hat; Umwandelungen welche die nachfolgenden bis zur Gegenwart fortdauernden allmähligen Zerstörungen dieser Massen wie das partielle Fortführen ihrer Bestandtheile durch die engen Spaltenthäler bewirkt und begünstigt haben mögen. Hätten die Gründe dieser Umwandlungen in äusseren Bedingungen von allgemeinem Character gelegen, so ist es schwer zu begreifen weshalb die Wirkungen so wenig gleichmässig gewesen sind, und weshalb sie einzelne Berg-Systeme und Partieen vorzugsweise ergriffen haben. Das denkwürdigste

Beispiel eines isolirten Centralpunktes derartiger Wirkungen stellt im südöstlichen Kaukasus das metamorphosirte Kreidegebirge des Schach-Dagh dar, dessen innerer Bau, grade an den Stellen, wo die Hauptquerthäler die am höchsten gehobenen Theile der Kette durchbrechen durch dolomitische Breccien vermittelt wird, zu welchen das ursprüngliche neocome Grundgebirge die Hauptbestandtheile geliefert hat.

Dicht unter den steilen Felswänden des Kariu liegen im Ar-Don-Thale die Orte Dago und Donysyr, auf den Halden der marmorartigen weissen Dolomitblöcke und der von dolomitischer Grundmasse cämentirten breccienartigen Trümmer-Gebilde. Unter mehreren lithologisch verschiedene Etagen sind zwei mit sehr von einander abweichenden *Facien* in diesen Trümmern repräsentirt. Die eine besteht aus bräunlich krystallinischen Kalke reich an wenig erkennbaren in Kiesel verwandelten Korallen- und Crinoidenresten, welche in Kalkspath umgewandelte Stielglieder und kleine apendikuläre Gliederreste von Pentacryniten in unglaublicher Menge einschliessen. Die Felsart welche der anderen Etage zugehört, überrascht durch ihre grosse Aehnlichkeit mit dem *Corallien* von Solothurn. Es sind schneeweisse, zuckerförmige mitunter oolithische Kalkmassen, welche grobkrystallinische Kalkspaththeile, vorzüglich aber eine ungewöhnliche Menge von Mollusken-Schaalen in gleiche Substanz umgewandelt einschiessen. Die *Facies* welche hier auftritt, scheint auf den ersten Blick völlig der Voraussetzung zu entsprechen, zu welcher das morphologische und lithologische Verhalten des Gesteins auffordert. Die Grundzüge dieser *Facies* bilden Nerineen, Mytilus und Exogyrenarten, zu welchen sich noch Natica, Pteroceras, und sehr dickschaalige Formen schwieriger Deutung gesellen, die sehr an Chama erinnern, aber grösstentheils zu den Exogyren zu stellen sind; denn die stark gekrümmten Wirbel der Unterschaale erheben sich wenig oder gar nicht. Indessen kommen auch Schaalenfragmente mit starck entwickelten, aber durchaus rundlichen, hervortretenden Wirbeln in verschiedenen Grössen und Formen vor, und deuten auf Diceras. Der mögliche Verdacht dass hier Caprinen oder Caprotinen sich mit verbergen könnten, wird durch die Struktur der Schaalen beseitigt die nicht auf Rudisten wohl aber auf Conchiferen deutet. Die abgerundete Beschaffenheit aller dieser aus weissen krystallinischen Kalk bestehenden Fossilien erhöht die Schwierigkeit die Arten zu erkennen und namentlich die zahlreichen Nerineen-Specien in ihren mitunter schwierigen Characteren von ähnlichen cretensen Formen zu unterscheiden. Durch kleine Dicerasformen welche der *Diceras gaultina* von Pictet und Roux sehr ähnlich sind, so wie durch eine mir unbekannte und neu scheinende Mytilusart in meiner Ansicht üb die geologische Stellung der Dolomit-Breccien schwankend gemacht, unterwarf ich besonders scharf ausgebildete Exemplare des problematischen Mytilus der Beurtheilung Alcide d'Orbignys desen briefliche Antwort datirt Purifitte 31. Mai 1851. wie folgt lautet: *Votre mytilus est en tout point identique avec mon Mytilus petasus très commun en France et décrit prodrome T. 2. p. 19. Nro. 314. l'espéce très curieuse, courte, triangulaire, très large au milieu, ressemblant aux chapeaux des carabiniers savoisiens. La coquille est très épaisse, évidée sur la région palléale. On l'a trouvé en France à Chatel-Censoir et St. Mihiel. Meuse dans l'étage corallien le mieux détermine.* Die grössten Exemplare dieses Mytilus von Dago und Biss, auf der linken Thalseite des Ar-

Don zeigen eine Länge von 65 — 70 Millim. Unter den Nerineen sind als sicher bestimmte Arten zu betrachten: *Nerinea Moreana d'Orb.* pl. 257. pg. 257. fig. 1. 2; synonym mit Buvignier's *N. tornatella;* in dem Atlas zur *Statistique géologique du département de la Meuse 1852.* pl. XXIV. fig. 10 — 13; der Abbildung und Beschreibung vollkommen entsprechend. — *N. Mandelslohii Br. syn. N. Bruntrutiana;* unverkennbar. — *N. Clymene d'Orb.* pl. 258; fig. 1. 3. vollkommene Uebereinstimmung. Als wahrscheinliche Arten sind zu betrachten: *Nerinea Desvoidii d'Orb.:* — *N. Defrancii.* — *N. umbilicata d'Orb.* Unbezweifelt ist ferner *Astraea agaricites Goldf.* pl. 23. fig. 9.

Die hier in Betrachtung gezogene obere Etage des weissen Jura oder Coralrag von 800 bis 1000 Fuss Mächtigkeit befolgt im Norden des Elburuz mit sämmtlichen ihr aufgelagerten jüngeren Bildungen ein sanftes Ansteigen gegen Süden. Die ganze Jura-Kalkbildung hat dort das Eigenthümliche, dass sie mit der Gleichförmigkeit eines wohlbegränzten und selbstständigen Formationsganzen unter der Kreideformation weit gegen Süden hinausrückt und eine breite Plateaustufe formirt die der Hauptachse des Centralgebirges parallel liegt und deren Steilabfälle immer senkrecht dem letzteren zugewendet sind. Die räumliche Vertheilung der beiden Haupt-Etagen der Kreideformation zeigt oberhalb dieser Jura-Terrasse ein ähnliches Verhalten. Eine jede Etage rückt unter der jüngeren gegen Süden heraus und veranlasst eine neue Plateaustufe. Die obere Abtheilung der *Coral-rag*stufe wird immer gebildet von einer ansehnlichen Schichtenfolge solcher Kalke, welche Nerineen der angeführten Arten nebst solchen Specien von Terebrateln einschliessen die in den Formationen andrer Länder immer sind zum obersten Jura gerechnet worden. Wie der Dolomit in unregelmässiger Vertheilung an der inneren Steilseite der mächtigen vom *Coral-rag* bedeckten Vorkette vorherrscht, so erscheinen die Nerineen auf der Höhe des Plateaurandes so wie auf der abwärts gegen Norden geneigten Plateaufläche im dichten Plattenkalk, bald in grossen Schwärmen mit Korallen zusammen, bald vereinzelt und in Gesellschaft einer grossen Anzahl von Bivalven und Terebrateln.

Die Schwierigkeit die sich der geognostischen Untersuchung und der Sonderung der Formationen auf der Südseite des Kaukasus entgegenstellt, wird durch den eigenthümlichen Bau des Gebirges bedingt, an welchen hier noch einmal zu erinnern ist.

In dem kaukasischen Gebirge befindet sich das Ganze der Sedimentärformationen nicht in dem durchgängigen Verhältniss antiklinaler Stellung, weder zu einer gemeinsamen und ungetheilten Kammregion des centralen Hochgebirges, noch zu der Achse der krystallinischen Centralmassen in der nordwestlichen Hälfte; vielmehr ist *isoklynales* Einfallen der Schichten gegen N. und NO. das eigentliche Grundgesetz. Daher fallen auf der Nordseite des Kaukasus alle Schichten von der Centralkette ab und die Reihenfolge der Formationen wird in ihrem regelmässigen Fortgange von den älteren Formationen zu den jüngeren nur ausnahmsweise gestört. Auf der Südseite findet das Umgekehrte statt. Die Schichten des fundamentalen Schiefergebirges mit den sie bedeckenden Formationen fallen gegen die Kammregion ein. Mit diesem für die gesammte physikalische Entwickelung des Gebirges maassgebenden Verhältnisse verbindet sich im folgreichsten Contraste mit der im Allgemeinen sanft sich verflächenden

Nordseite des Gebirges, eine bedeutende Abstufung seiner Südseite gegen das Bassin des schwarzen Meeres. Das ganze sedimentäre Gebirge, soweit es zwischen dem Kazbek und Elburuz von einer krystallinischen Zone durchsetzt und gleichsam getragen wird, scheint auf seiner Südseite eine Einsenkung und zwar tief unter das Niveau des massigen Granit-Elipsoids des meskischen Gebirges erlitten zu haben, welches für Grusiens Gesammtverhältnisse climatologisch so äusserst bedeutsam, die höher liegenden Plateaustufen Karthaliniens von den tief eingesenkten Thälern Imerethiens sondert.[1]) In Folge dieses Stufenverhältnisses tritt auf der imerethinisch-mingrelischen Seite vorherrschende Längenthalbildung mit in einander greifender Plateau und Kettengestaltung der neptunischen Gesteine in das Gebirge. Alle Flussthäler besitzen in gleicher Entfernung von dem Hauptkamme eine bedeutend tiefere Lage gegen diejenigen der Nordseite und mit dem Eintritt zahlreicher, von Ost nach West gerichteter Parallelketten mehren sich die gangförmigen Durchbrüche eruptiver Gebilde. Auf diese Weise wechseln einseitige und zweiseitige gesprengte Gewölbketten, abwärts gekehrte Fächerketten, Muldenketten und wahre Eruptionsketten mit einander und individualisiren einzelne Glieder mitunter zu selbstständigen Gebirgsmassen und Systemen im Studerschen Sinne. Die von solchen Verhältnissen bedingten ausserordentlichen stratigraphischen Störungen und mit denselben zusammenhängenden metamorphischen Veränderungen der Sedimentärgesteine machen die Sonderung der Formationen und ihrer Gliederungen auf der Südseite des nordwestlichen Kaukasus besonders schwierig. Weniger ist dies auf der Südseite der südöstlichen, der Kura-Thalniederung zugewendeten Kaukasushälfte der Fall, wo die nördlich vorliegende Hauptkette keine krystallinische Centralmasse einschliesst; wo nur ein flaches Längenthal von Bedeutung vorhanden ist; wo die Durchbrüche von Eruptivgesteinen selten sind und mit der Verarmung und Monotonie der Gebirgsgliederung auch der Reichthum so mannigfaltiger Naturverhältnisse verschwindet, wie sie insbesondere die dem Bassin des schwarzen Meeres physikalisch zugehörenden kaukasischen Ländertheile charakterisiren.

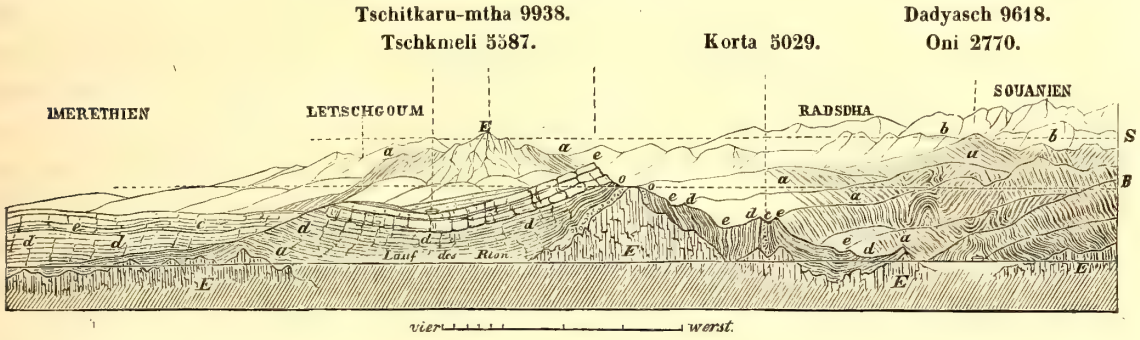
Mit einer Erläuterung der folgenden Profile welche die Lokalitäten darstellen, wo bis jetzt auf der Südseite des Kaukasus die Juraformation mit Bestimmtheit aus den aufgefundenen organischen Resten hat bewiesen werden können, verbinde ich die nähere Angabe der daselbst gefundenen Fossilien.

1. Das Vorkommen von Jurafossilien bei Korta ohnweit Oni im Radschinischen Kreise.

Das zusammengesetzte Profil beruht auf Construktion nach hypsometrischen Bestimmungen der wesentlichsten Höhenpunkte mit zu Grundelegung ein und desselben Maasstabes für die verticalen und horizontalen Dimensionen. Die hohe alpine Tafelzone, welche Radscha von Imerethien scheidet, erscheint hier im rechtwinklichen Durchschnitt auf ihre von Ost nach West gerichtete Längenachse. Es liegt diese Zone genau in der westlichen Verlängerung des pag. 366

1) Bulletin de la Classe physico-math. de St. Pétersbourg. Tome IX. pag. 35.

bereits näher bezeichneten latitudinalen Gebirgszuges des Syrch-Laberta. Gegen Osten d. h. zur Rechten trifft der erste Profilschnitt das weite Rion-Thal, durch die Lage von Oni bezeichnet. Eine Reihe verschiedener Schnittflächen hinter einander gestellt, giebt eine Vorstellung von der Ausdehnung und dem übereinstimmenden stratigraphischen Verhalten der häufig stark dislocirten Schieferformation bis in die Ketten beider Suanien, mit Andeutung des Dadyasch, der bedeutendesten Schiefererhebung von 9618 eng. F. auf dem Längenjoche, welches Gross- und Klein-Suanien von einander scheidet. Im Hintergrunde treten die krystallinischen Schiefer des kaukasischen Hauptkammes hervor und verlieren sich perspektivisch in der Ferne; dasselbe gilt auf der Westseite des Profils von den Scheidegebirgen zwischen Letschgoum, Imerethien und Mingrelien, welche derselben Erhebungszone des Syrch-Laberta angehören. Die imposanteste Erhebung welche das Eruptivgestein im grünsteinartigen Labradorporphyr des Tschitkaru-mtha 9938 e. F. erreicht, tritt in einer entfernteren Schnittfläche profilartig hervor und zeigt die zu beiden Seiten mit emporgeführten Schiefer. Die punktirte Linie *B.* giebt die Lage der Baumgränze mit 7298 engl. F. und die obere Linie *S.* die Lage der Schneelinie mit 9527 engl. F. für diesen Theil des kaukasischen Gebirges an. Die Meereshöhe des Rion-Niveau bei Oni ist 2770. [1])



Beschreibung des Profil nach den angegebenen Buchstaben:

a. Stellt den kaukasischen Thonschiefer und zwar dem Begriffe der angegebenen Uebersicht der verschiedenen Arten dieses Gesteins gemäss dar, als: thonigsandige Schiefer, thonige Sandsteine, Kohlen-Sandsteine und wirkliche Thonschiefer der unteren Jura-Periode.

b. Krystallinische oder sogenannte metamorphische Schiefer.

c. Thonige dunkelgraue, theils feste, theils sandige Kalke der Jura-Periode.

d. Die untere Abtheilung der Kreideformation, dem Neocomien und Gault entsprechend.

---

1) Das Gefälle des Rion von seinem Ursprunge bis zum Meere ist nach meinen auf correspondirende stündliche Barometerbeobachtungen in Kutais gegründeten hypsometrischen Bestimmungen wie folgt:

Riongletscher	6988 e. F.	$a-b$	= 3239 e. F.	in grader Entf.	20	W.	Gefälle auf 1	W.	= 161	e. F.
Vereinigung des Rion- und Glola-Fl.	3750	»	$b-c$	= 606	»	»	»	»	5	»	»	»	»	= 120	»
Uzere; Rionflussbett	3143	»	$c-d$	= 372	»	»	»	»	7	»	»	»	»	= 53	»
Oni; Rion-Niveau	2770	»	$d-e$	= 1576	»	»	»	»	50	»	»	»	»	= 31,4	»
Alpana in Letschgo..m	1193	»	$e-f$	= 714	»	»	»	»	33	»	»	»	»	= 21,6	»
Rion-Niveau bei Kutais;	426	»	f — Meer		»	»	»	»	85	»	»	»	»	= 5	»

e. Die obere Abtheilung der Kreideformation oder die Turon- und Senon-Bildungen.

o. Thoniges sehr eisenoxydreiches Conglomerat mit Trümmern und Geröllen granitischer und porphyrartiger Gesteine.

E. Eruptivgesteine: Felsit und Eurit-Porphyre; Grünstein-Porphyre und Mandelsteine.

Einmaliger Untersuchung der hier dargestellten, ebenso interessanten als verwickelten geognostischen Verhältnisse zu Folge, wurde es mir sehr wahrscheinlich, dass das Neocomien in seinen unteren Schichten durch klastische Trümmergebilde eruptiver Felsarten vertreten, den dunkelen Mergelschiefern übergeordnet vorhanden ist, deren Aequivalente auf der Nordseite des Gebirges unter den braunen Jurakalken mit der pag. 453 angegebenen *Facies* das *terrain oxfordien inférieur* bezeichnen. Auch erkannte ich, dass diese Mergelschiefer im Wechsel mit grauen Sandsteinen das innere Gerüst der Höhenzüge bilden, auf welchen die Orte Tschkmeli und Korta liegen. Der paläontologische Inhalt der senkrecht gestellten Schichten in *c.* war eine unerwartete, aber dem Kreise jener Wahrnehmungen völlig entsprechende Entdeckung. Die grosse Anzahl von ausgezeichneten Versteinerungen von Acephalen und Cephalopoden, deren ganzer Habitus sehr an ähnliche Gestalten in der unteren Kreideabtheilung auf der Nordseite des Kaukasus erinnert, zumal in Gesteinen von ganz ähnlicher Beschaffenheit und Färbung gebettet, wie sie jenen Formations-Gliedern des Neocomien und Gault eigenthümlich sind, wirkte der Ueberzeugung, dass hier eine *Jura-Facies* vorliege eine Zeitlang entgegen. Maassgebend schienen anfänglich verschiedene Ammoniten-Species von den kleinsten Dimensionen bis zu einem Fuss im Durchmesser, deren überaus grosse Aehnlichkeit mit neocomen Formen, auch da noch aufregend fortwirkte als untrügliche Leitfossilien das nicht mehr zu bezweifelnde Vorhandensein des unteren braunen Jura ausser allen Zweifel gestellt hatten. Die Angabe der als sicher bestimmt zu betrachtenden Fossilien dieser Lokalität auf ihr kleineres Maass beschränkend, bemerke ich, dass die mit einem *astérisque* versehenen Arten durch die Herren Deshayes und d'Archiac [1]) auf meine Bitte bestimmt worden sind.

Terebratula biplicata; syn. *T. sella son.* 437. 1. *T. variabilis Sehloth.* *; wie immer in zahlreichen Spielarten die eigentliche *T. varians* mit begreifend. — *T. resupinata*, *Sow.* * 150. f. 3. — *Pecten disciformis*, Ziet. syn. *P. demissus Phil.;* sehr häufig. — *P. fibrosus Sow.;* sehr wahrscheinlich. — *Lima proboscidea Sow.*; *syn.* mit *L. corallina d'Orb.* Prodr. vol. II. pag. 21.; *synon*: mit *L. pectiniformis.* — *Lyriodon costatum* Goldf. in grosser Menge; vollkommen bis auf die Anzahl der Falten mit der Abbildung von Goldf. übereinstimmend. 137. fig. 3. *a. b. c.* — *Trigonia Meriani Ag.* *? Herr Deshayes bemerkt brieflich: «*Ce Trigonia Meriani est de l'Oxford supérieur et du corallien inférieur; il est beaucoup plus rare dans le corallien moyen et supérieur du moins dans le terrain de la Meuse.* — *Pholadomya Murchinsoni Sow.*; mit Pusch. Polen. 8 fig. 11; sehr gut übereinstimmend. — *T. parcicosta Ag.* * — *Astarte* zwei neuen Arten. * *Modiola plicatilis Sow.* * — *M. scalprum. Sow.* * *Perna mytiloides* * Lmk. — *Panopoea elongata Ag.* syn. *Pleuromya;* stimmt vollkommen mit der Abbild. v. *Agass.* — *Ceromya;* sehr ähnlich der *C. pinguis Agass.* — *Ammonites tatricus. Pusch;* mit der Abbild. bei d'Orb. Pl. 180 gut übereinstimmend tritt

1) d'Archiac histoire des progrès de la Géologie. T. VII. p. 598.

dieser Ammonit in jeder Beziehung selbst bis auf die Lobenstellung der vorausgesetzten Art so nahe, dass die Aufstellung einer neuen Species nicht gerechtfertigt erscheint. Nöthig scheint dies dagegen für einige andere mitvorkommende Ammoniten, die eines Theils dem *A. Guettardi d'Orb.* aus dem Gault und andrer Seits dem *A. tortisulcatus d'Orb.* sehr nahe treten. Ein hierher gehöriger problematischer Ammonit erreicht bei Korta die grössten Dimensionen. Herr Deshayes bespricht brieflich den Unterschied welche eine andere, jenem verwandte Art bei Korta mit dem *A. Hommairei d'Orb.* zeigt. Von besonderer Wichtigkeit sind hier noch die häufigen Einschlüsse von Bruchstücken grösstentheils silificirter, mitunter aber Yagat ähnlicher, stark bituminöser Hölzer von Coniferenstructur,? die sich in dem dichten grauen Mergelkalke wie in den damit verbundenen kalkigen Sandsteinen finden. Diese Einschlüsse zeigen bis auf das Gestein in dem sie vorkommen eine grosse Aehnlichkeit mit Holz- und Kohlenspuren, die sich in den Mergel-Kalken und schiefrigen Sandsteinen finden, welche in Daghestan das unmittelbar Liegende der grossen kohlenführenden Sandsteinformation bilden. Durch die vorstehenden Fossilien wird für die Juraschichten von Korta ein Horizont angedeutet, der im Allgemeinen das *terrain oxfordien*, ganz besonders befriedigend aber den eigentlichen mittleren braunen Jura Deutschlands aufnimmt, und sehr wohl mit dem gleichen, oder vielleicht etwas höheren Horizont auf der Nordseite des Gebirges in Alagir übereinstimmt. Wie in Schwaben, aus der Schicht γ bei Quenstedt[1]) fahlfarbige glimmrige Sandsteine durch blaue Thone in blaugraue Mergelkalke der δ Schicht übergehen, die besonders nach Oben viel Brauneisenlinsen aufnehmend, den Eisenoolith darstellen und durch *Ostrea cristagalli* hauptsächlich charakterisirt sind, so zeigen sich mit in der That überraschender Aehnlichkeit die petrographischen Verhältnisse des mittleren braunen Jura im Kaukasus.

Zur Vervollständigung der durch das Profil nur in ihren Hauptzügen dargestellten äusserst zerrütteten geognostischen Verhältnisse der Jurabildungen bei Korta bemerke ich hier noch, dass die grauen Kalke unter *c.* einer bedeutenden Schichtenfolge von thonigen Mergeln, von rostbrauner und hellgrauer Farbe untergeordnet sind, welche von hellen Kalkflötzen bedeckt werden, die sehr reich an Crinoidenresten und besonders an Bruchstücken von Echinusstacheln sind; auch fand sich ein Belemniten-Bruchstück, deutlich genug um es dem *B. hastatus* zuzuschreiben. Durch Zersetzung an der Oberfläche erhalten jene dunkelgrauen festen Mergel-Schichten das trügerische Ansehen von gelblich bräunlichen, auch röthlichen Sandsteinen. Ueber sämmtlichen hier angedeuteten Schichten, lagern auf dem gegen Oni zugeneigten Abhange des Bergrückens von Korta abwärts, unter *e.* des Profils mitbegriffene, sehr bedeutende Flötze eines feinkörnigen bräunlichen und thonigen Sandsteins, der aus sandigen Porphyr-Schlamm zu bestehen scheint und neben scyphienartigen Corallen eine grosse Menge von wohlerhaltenen kleinen Krebsen einschliesst, die zu der Ordnung der Brachyuren-Decapoden gehören. Die Brustschilder, wie die häufig noch mit denselben verbundenen Scheerenfragmente sprechen für das *gen. Dromia Fabr.* Unter den abgebildeten und beschriebenen Arten zeigen die fossilen

1) Quenstedt, das Flötzgebirge Würtembergs. Tübingen. 1851. pag. 323.

Reste von Korta die meiste Aehnlichkeit mit *Brachyurithes rugosus Schlth.* oder *Dromilites pustulosus Reuss.* Verst. des böhmischen Kreide-Gebirges Tab. VII, fig. 26 und 29. In terrassenförmigen Absätzen führen die von diesen Sandsteinen bedeckten Crinoiden-Kalke zu den thonreichen Diluvial-Bildungen des tieferen Abhanges über.

2. Das Vorkommen von Pflanzenüberresten der unteren Juraformation im Kreise Okriba bei Tqirbul[1]) in Imerethien.

Die wichtige geologische und technische Bedeutung der Gegend, von welcher das nächstfolgende Profil einen Theil darstellt, verlangt eine etwas ausführlichere Einleitung in dasselbe. Der District von Okriba nördlich von Kutais, begreift die interessante Naturform eines weiten und flachen Kesselthales von 20 Werst im Durchmesser, welches am Südrande der hohen kaukasischen Kalkgebirgs-Zone, die Continuität der sich bis zum Fusse des Gebirges ausdehnenden Kreidekalk-Bildungen lokal unterbrechend, rings von denselben umschlossen ist; nur der enge Thalspalt des Rion gewährt den Gewässern von Okriba einen Ausgang nach der imerethinischen Ebene. Das Innere dieses Raumes wird von einer sehr mächtigen und reich gegliederten Formation von klastischen Gesteinen mit vorherrschenden thonig-sandigen Schiefer-Mergeln und thonigen Sandsteinen eingenommen, die mit Ausnahme wenig mannigfaltiger verkohlter Pflanzenreste, durchaus keine organischen Reste einschliesst, geeignet die geologische Stellung einer Bildung festzustellen, welche jeder Periode angehören könnte. Nur Trümmerschichten von bald sandiger, bald conglomeratartiger, vorzugsweise aber thoniger Beschaffenheit, mit vorherrschender Schieferstruktur setzen die Glieder dieser Formation zusammen, die alle Flötzkalkbildungen ausschliesst. Die plutonisch-krystallinischen Massen, welche die Elemente für jene Schichten lieferten, erscheinen theils stock- theils lagerförmig am Platze selbst. Es sind thonreiche Porphyre ohne Quarz; Thonsteine in helleren, gewöhnlich gelblichen und braunen Farbentönne; zu ihnen gesellen sich fast immer mit dem deutlichen Charakter von Gangbildungen, deren Richtung dem Streichen der Flötze entspricht, dunkle pyroxenführende Felsarten, häufig Basalt und Aphanit ähnlich; dann wieder hellere Labrador-Porphyre mit ausgebildeten Krystallen auf Drusenräumen; wie gewöhnlich mit thonreichen Mandelsteinen in Verbindung; bald von Braunspath, bald von chalcedonartigen Quarz bisweilen auch von Zeolith-Mandeln und Adern durchzogen. Unter dem Einflusse solcher geologischen Verhältnisse erscheint nun der Boden des weiten Kesselthales von Okriba als ein sanft gehügeltes und von Thalschluchten vielfach durchschnittenes Terrain, innerhalb welches constante Erhebungsrichtungen nur mit Mühe aus den Mitteln der so oft ihre Direction ändernden und häufig auf beschränkten Räumen antiklinal erscheinenden Streichungslinien zu erkennen sind. Chronologische Sonderungen der Schichten sind hier schwierig und führen zu keinem Resultat. Im Allgemeinen ist darauf hinzuweisen, dass die Gesteinslager nach der Tiefe zu immer compakter, dunkler und thonschieferartiger werden; dass dagegen die oberste Abtheilung der Formation mehr helle und sandige Schiefer, vor Allen aber nach Oben an Mächtigkeit zunehmende thonreiche grö-

1) Tqirbul ist der correkte Name des gewöhnlich Tquibuly genannten Ortes. Brosset. Geographie l. c. pag. 361.

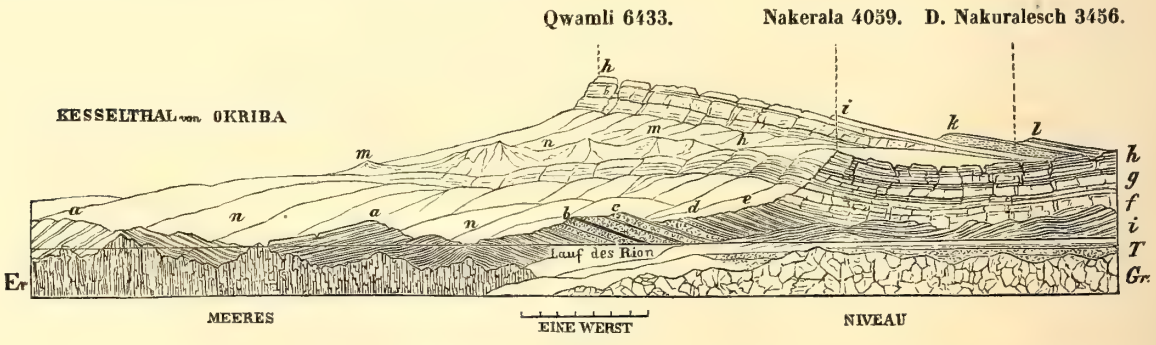
bere und feinere Conglomerat-Schichten entwickelt, die in eisenschüssigen Sandstein übergehen der wahrscheinlich aus Granit entstanden ist. Neben den Quarzkörnern erscheint deutlich die Feldspath-Substanz und die durch ein kiesliges, kaolinartiges Cäment verkittete Arkose gewinnt so die täuschendste Aehnlichkeit mit einer wirklich krystallinischen Felsart. Diese Aehnlichkeit steigert sich noch, wenn das Cäment zum Theil oder vollständig durch krystallinischen Gyps vertreten wird. Diese und ähnliche Sandsteine führen mit den zu ihnen gehörenden aber untergeordneten thonig-sandigen Flötzen in welchen die thonreichen Porphyr-Elemente wieder mehr kenntlich werden, Eisenerze die nicht selten Sphärosiderit-Natur annehmen. Diese Sandsteine, in Verbindung mit Conglomeraten, welche hornfelsartige Gerölle, Porphyrtrümmer, namentlich aber verkieselte Stücke von Holzstämmen umhüllen, sind als die jüngsten hier zur Sichtbarkeit kommenden Bildungen der Formation und als die Träger bedeutender Steinkohlenablagerungen zu betrachten. Abdrücke von den Organen monokotyledoner Pflanzen und Coniferen erscheinen in verkohltem Zustande als die ersten Verkünder der in der obersten Etage angehäuften Steinkohlen schon in den mittleren Schichten; und selbst den dunkleren Thonschiefern und Mergelschiefern der grösseren Tiefen sind sie nicht fremd; denn sporadische Nester und Schnüre antrazithartiger Kohlensubstanz werden mitunter in diesen unteren Schichten wahrgenommen. Entschieden nehmen aber diese Pflanzen und amorphen Kohlentheile progressionsmässig nach Oben zu. In einem der zahlreichen Thäler, welche das niedrige Hügelland von Okriba durchziehen, im Sirowatithale bei Satsiris-tsqal ist die mittlere und obere Abtheilung der kohlenführenden Formation in ihrem charakteristischen und normalen Verhalten von Oben nach Unten wie folgt entwickelt: das Streichen der Kohlensandsteine und Schiefer ist N. 8° W.; Einfallen gegen W. 1. Ein graubrauner glimmerführender Sandstein; bald vollkommene Flötze und zusammenhängende Platten bildend, bald dergestalt mit sphärischen Concretionen erfüllt, die sich in den Schichtungs-Ebenen an einander reihen, dass der Zusammenhang des Gesteins sehr gelockert ist. 2. Derselbe Sandstein geht in thonigschiefrige Schichten über, welche ebenfalls nierenförmige feste Theile des vorgenannten Sandsteins einschliessen. Durch Eisenoxyd gefärbte braunrothe Rinden bekleiden meistentheils die schiefrigen Absonderungsflächen des Gesteins. 3. Wirkliche dunkele Thonschiefer in dünne Schichten zerspaltbar, überhaupt immer nur ein Agregat von geringer Mächtigkeit und dann gleich wieder durch den Sandstein ersetzt. Die schiefrigen Thonschichten sind ebenfalls glimmerreich; sie wechseln nach Oben in hellgefärbte Schichten, die oft mit ockergelber oder braunrother Färbung eine grosse Mächtigkeit gewinnen, immer aber septarienartig-concretionirte Einschlüsse der dunklen Schiefersubstanz enthalten; oft auch feste Mergelknollen in Form grosser Mandeln. Alle diese Schichten führen Kohlenreste; besonders erscheinen in der Schicht 2. eingeschlossen: plattgedrückte Stämme, Aeste baumartiger Pflanzen von grossen Dimensionen, nebst vielen Halmen von Gramineen. Die Kohleneinschlüsse im Sandstein sind nicht selten stark verkieselt; die in den Schiefern enthaltenen Pflanzenreste sind es nicht, vielmehr sind sie mürbe und weich. Mit zunehmender Grösse der Stücke mehrt sich auch der Antheil brennbarer Kohle neben der verkieselten Substanz. Einschlüsse von Pechkohle sind nicht selten. Die

obersten Schichten dieser Sandsteinformation sind auch die Lagerstätten der Yagatsubstanz in Imerethien, *Gyscheri* genannt, deren industrielle Anwendung zur Darstellung von Rosenkränzen uralt ist. Die Varietät des am Meisten schneidbaren und politurfähigen Yagat findet sich nicht häufig, nur in kleinen Nestern und lagerartigen Schichten im grobkörnigen von krystallinischen Gyps durchzogenen Sandstein.

Das Auftreten eines wirklich zusammenhängenden Kohlenlagers in Okriba ist eine dem Vorstehenden vollkommen conforme und zu erwartende Erscheinung; sie überrascht nur durch die ausserordentliche Mächtigkeit eines solchen Lagers ohnweit des Dorfes Tqirbul am Fusse des Steilabfalls des Nakerala. Den Zusammenhang der geognostischen Verhältnisse dieser Steinkohlenbildung erläutert das folgende Profil, welches in Bezug auf vertikale und horizontale Dimensionen nach gleichem Maassstabe construirt ist.

a. Durchschnitt der Steinkohlen-Formation von Okriba.

Die Richtung der verschiedenen hintereinander gestellten Schnittflächen ist NO.—SW.— Auf der ersten Schnittfläche rechts ist ein Theil des Granit-Elipsoids des Meskischen Gebirges mit der dasselbe bedeckenden Tertiär-Formation angedeutet; die zweite Schnittfläche trifft in weiterer Entfernung von 50 Werst die Tafelzone zwischen Radscha und Imerethien recht winklig auf ihre Achse und das Kesselthal von Okriba; das dritte und hintere Profil zeigt in richtigen, nicht perspectivischen Höhenverhältnissen in weiterer Entfernung von 26 Werst in der Kalk- und Dolomithöhe des Qwamli den culminirenden Höhenpunkt derselben gegen gegen Westen fortsetzenden Tafelzone, mit den ihrem östlichen Abhange angelagerten Schichten der Nummuliten- und mitteltertiären Gruppe.



a. Thonigsandige Schiefer, thonige Sandsteine, Kohlen-Sandsteine und wirkliche Thonschiefer begreift die vorhin sub 1, 2, 3 näherangegebenen Schichten.

b. Steinkohlenflötz im Kohlensandstein, mit seinem Sool- und Dachgestein; in dem nächstfolgenden Profile ausführlich dargestellt.

c. Thoniges eisenoxydreiches Granit-Conglomerat aus Gesteins-Trümmern der verschiedensten Natur und Grösse bestehend.

d. Hellere und buntgefärbte aber immer thonig-schiefrige Schichten, die viel silberhellen Glimmer enthalten.

e. Thonige Mergel, die nach Oben sandiger werden, und in dem Maasse Kalk in sich aufnehmen als sie sich von *d* entfernen.

f. Braunrothe thonige Zersetzungs-Produkte krystallinischer Gesteine, im Wechsel mit bunten Mergeln; gehen nach Oben in ein Brecciengestein über, worin Kalktrümmer und eisenreiche Thone die Hauptmasse bilden. Das Gestein besitzt ein cavernöses zerfressenes Ansehen; sandige Kalke folgen erfüllt mit Glimmerschüppchen, Quarz und Feldspathtrümmern; dann folgt immer reiner werdender Kalk der in

g. vollständigen Dolomit übergeht, in dem Geoden mit rhomboedrischen Krystallen ausgefüllt in Menge auftreten. Die sehr mannigfaltige Schichtenfolge von *g* bis *h* enthält in aufsteigender Reihenfolge die folgenden 14 verschiedenen Gesteinslagen: 1. Massige versteinerungsleere Kalkschichten; 2. dichte thonreiche lichtgraue Kalkbänke; 3. thonigsandige Lagen; 4. Nerineen einschliessende dichte Kalkschicht; 5. schiefrige dichte graue Kalkmergel; 6. sandig-quarzige graue Kalke; 7. dichter grauer Kalkstein von splittrigen Bruch; 8. dunkelgraue Kalkmergel sandig und wechselnd mit quarzigen Kalkstein 20 Fuss mächtig; 9. compakter dichter Kalk, halbkrystallinisch quarzreich, erfüllt mit grösseren amorphen Quarztheilen und Trümmern von mannigfaltigen krystallinischen Gesteinen, z. B. helle Feldspathporphyre und deren Nebengesteine; 20 bis 30 Fuss mächtiges Lager; darin kleine Quarzgeoden mit zierlichen Quarzkrystallen und Pyrit-drusen; 10. sandiger Kalkstein mit vielen amorphen Quarztheilen; 11. 6 bis 10 Fuss mächtige Bank von dichten Kalk mit *Caprotina ammonia;* 12. sandig-merglicher Kalkstein mit kleinen Nerineen, abwechselnd mit quarz-sandigen Kalkmergeln; 13. kalkiger Quarzsandstein; die eckigen Einschlüsse, treten durch Verwitterung hervor.

h. ist 14; Caprotinen-Kalk der unteren Rudistenzone; 15. derber kompakter Kalk mit vielen Fungien-Einschlüssen. Das Streichen aller dieser Schichten ist constant N. 23° W.; das Einfallen gegen NO. schwach. — Dolomit des Qwamli.

i. Kreideformation über dem Gault — den Turon- und Senon-Bildungen entsprechend.

k. Schichten der Nummuliten-Gruppe mit *Nummulites Murchinsoni*, *N. regularis*, *Orbitulites discus* etc.

l. Schichten der mitteltertiären Periode. Bassin von Letschgoum, Radscha und Satseretlo.

m. Basaltartige Mandelsteine und Dolorite.

n. Klastische Bildungen mechanisch zerstörter Eruptivgesteine.

Gr. Granit als fundamentales Urgebirge des karthli-imerethinischen Gränzgebirges.

Er. Eurit, Thonstein und Grünsteinporpyre mit ihren Mandelsteinbildungen.

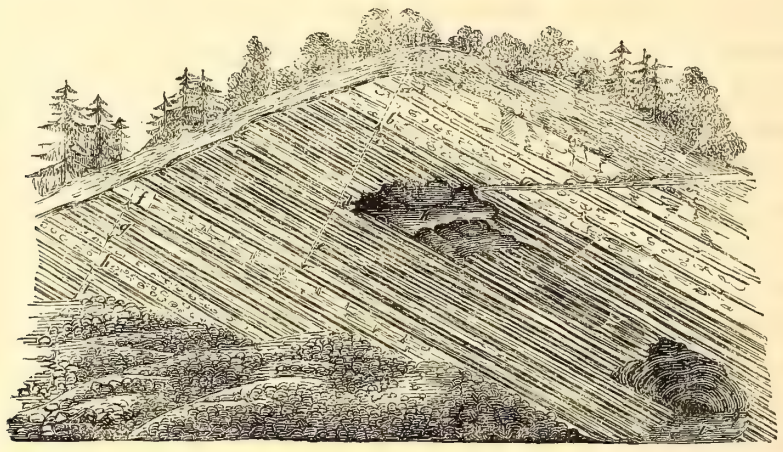
T. Mitteltertiäres Becken von Satseretlo. [1])

---

1) Bulletin de la Classe physico-mathém. Tome XVI. pag. 308.

b. Profil des Steinkohlenlagers in dem Urgebi-Berge am Tserdilis-tsqal bei Tqirbul.

Das Profil stellt das Ganze des unter *b* in dem vorhergehenden Profile begriffenen Schichtenverbandes zur speciellen Erläuterung des Steinkohlenlagers und der dasselbe einschliessenden Schichten dar. Das Streichen der hier angegebenen Schichten ist N. 33 O. mit einem Einfallen von 25° gegen NO.



a. Grobkörniger Kohlensandstein, mit Conglomeraten und thonigen Sandsteinen wechselnd, welche Spuren von Steinkohlen einschliessen.

b. Feinkörniger Kohlensandstein mit Abdrücken fossiler Pflanzen; schliesst häufig Fragmente von silificirten Hölzern ein.

c. Blättrige Kohle, nur aus kleinen Aestchen und Cycadeenblättern zusammengesetzt; durch atmosphärische Angriffe sehr verändert.

d. Kohle von vortrefflicher Qualität, welche in vieler Beziehung der *Cannel coal* zu vergleichen, nur aus abgeplatteten Stämmen und Aesten zusammengesetzt ist, die mit abgerundeten und spitzigen Blattorganen verschiedener Pflanzen zusammen ein dichtes Haufwerk bilden. Diese Kohlenvarietät zerfällt nicht an der Luft und besitzt eine Mächtigkeit von 4 Fuss.

e. Ziemlich gute Kohle der Natur der Pechkohle angenähert; schliesst nierenförmige und sphäroidische Concretionen von oolithischen Eisenerzen und von thonigen Eisenoxyd ein.

f. Thoniger und sehr eisenreicher Sandstein.

g. Mittelmässige Kohle, eisenhaltig und mit Eisenerzen von guter Qualität gemischt.

h. Kohlensandstein, abwechselnd mit Thonlagern, die sehr reich an Eisenerzen sind, welche theils der Natur des Bohnenerzes und Brauneisensteins, theils des Sphärosiderit besitzen.

i. Semikrystallinischer Psammit, der in wirkliches Quarz und Feldspathreiches Conglomerat übergeht; von Eisenoxyd bräunlich gefärbt und durch krystallinischen Gyps verkittet.

k und *l* sind die ersten Punkte, wo man eine Zeitlang angefangen hatte die vorzüglichste Kohlenschicht aus *d* in Abbau zu nehmen.

Die Gesammtmächtigkeit der in dieser Reihenfolge angegebenen Kohlenschichten beträgt von *b* bis *f* 40 und von *f* bis *h* 7, zusammen 47 englische Fuss. Wenn auch nicht jedes Glied dieses mächtigen Schichtenverbandes eine gleich gute Kohle liefert, so ist doch der grössere Theil desselben und zwar deshalb anwendungsfähig, weil der bei Kohlenablagerungen der angegebenen Mächtigkeit niemals fehlende Eisenkies sich nur in mässigen Mengenverhältnissen in diesen Schichten zeigt und viele derselben, wie z. B. die Schicht *c* ganz frei davon sind. Ihren inneren Strukturverhältnisse verdankt die Kohle mit der Fähigkeit sich nach den Ebenen der Schichtungsflächen leicht abzusondern ihre bedeutende Festigkeit, welche die Zerlegung derselben in Quader von 5 bis 6 Fuss Länge und 3 bis 4 Fuss Dicke möglich macht, die der Luft ausgesetzt nicht zerfallen und den Transport erleichtern. Der botanische Charakter der sich in allen Theilen dieses Kohlenlagers ausspricht, welche erkennbare Pflanzenreste enthalten, trägt keinesweges den Stempel der alten Steinkohlenperiode. Weder die Equisetaceen werden durch grosse Calamiten, noch die Farren durch Sigillarien repräsentirt; weder Stigmarien noch Lepidodendron sind zu erkennen und so treten mit den Licopodiaceen grade diejenigen Familien zurück, deren Geschlechter und Arten so vorzugsweise die Vegetation der alten Steinkohlen-Periode bestimmen. Neben einer beschränkten Anzahl von Farrenarten sind es vorzüglich Cycadeenreste mit vorherrschenden Zamien, welche die aus apendiculären Organen zusammengesetzten oberen Schichten von *c* bilden, während die mittleren nur aus Stämmen und Aesten gebildeten Schichten in *c* und *d* vorzugsweise durch Holzarten dargestellt werden die vielleicht Coniferen sind.

Der grosse technische Werth, den das geognostische Beisammensein von Steinkohlen und Eisenerzen in so bedeutender lokaler Mächtigkeit besitzt, stellt die Frage nach der Ausdehnung dieser Verhältnisse hier zunächst in den Vordergrund. Eine genaue durch Schürfe unterstützte Untersuchung zeigte mir dass die Kohlenschichten von Urgebi als das Ausgehende einer grossen Steinkohlenformation zu betrachten sind, welche in östlicher wie in westlicher Richtung nicht allein durch Okriba verfolgt werden kann, sondern auch längs des ganzen Südabfalles des Gebirges vom meskischen Gebirge bis zum Ingurthale in Mingrelien durch übereinstimmende Kennzeichen sich verräth. Zunächst bilden in Okriba selbst die Flötze von Urgebi in westlicher Richtung ein ungestörtes Ganzes von 1600 Fuss Länge, dessen Abbau auf Pingen betrieben werden kann. Nach einer Unterbrechung von 2 Werst werden dieselben Verhältnisse des Urgebiberges in dem nach gleicher Richtung allignirten Rücken von Kedoura und Samtschrali (dürrer Hügel) wieder aufgenommen. Eine Anzahl alter Grubenbaue, die hier nicht etwa auf die Gewinnung der Steinkohle sondern der Eisenerze in dem Liegenden der letzteren geführt wurden, gestattet einen genauen geognostischen Einblick. Das Streichen vortrefflicher Lager von Glanz- und Pechkohle von ähnlicher Mächtigkeit wie im Urgebiberge ist hier W. 12° S. mit wechselndem Einfallen gegen N. von 42°, 45° und 51°. Die Halden verrathen ein sandig-thoniges, sphärosideritführendes Lager, in welchem dunkle viel Kohlensubstanz enthaltende Eisenerznieren und Zwischenlager eines bisweilen ockergelben und rindenförmig ausgeschiedenen Brauneisensteins aufsetzen. Eine Benutzung der Steinkohlen für die

Eisenaufbereitung fand hier niemals statt. Die Bewohner der Gegend nennen die Kohle *Kara-Tasch* (schwarzer Stein) und kennen die Brennbarkeit derselben nicht. Die Flüsse fast aller Thäler, welche die südlichen Abhänge der kaukasischen Vorkette in Satseretlo durchschneiden, führen Spuren von Kohlen aus dem Innern des Gebirges herab, welche denen von Okriba gleichen.

Der geognostische Horizont der Kohlensandsteinbildungen von Okriba lässt sich mit grosser Bestimmtheit gegen Osten bis an das Meskergebirge verfolgen und wenn auch im Ganzen die Formation einige Abänderung erleidet, so bleiben doch die so überaus charakteristischen Quarz- und Feldspathtrümmer eben so wesentliche Bestandtheile und Zwischenbildungen für die grünen thonigen Sandsteine mit schönen Zamienblätter-Abdrücken, wie die Rollstücke und Trümmer von Graniten und Quarzporphyren der fundamentalen Urgebirgsformation des meskischen Gebirges dasselbe für die grünsteinreichen Conglomerate über den Kohlensandsteinen sind. Das Ausgehende von Steinkohlen in den Thälern von Schuscha und Erto in dem imerethinischen Kreise Satseretlo findet unter ähnlichen Umständen statt wie ich dasselbe im Ingurthale in Mingrelien nahe bei dem Orte Goudan beobachtete. Wie auf der Nordseite, so lagern die ältesten kaukasischen Sedimentärbildungen auch auf der Südseite des Gebirges höchst wahrscheinlich unmittelbar auf dem granitischen Grundgebirge, welches im meskischen Elipsoid in seiner ursprünglichen Lage geblieben zu sein scheint; auch im trialethischen Gebirge verbirgt sich eine granitische Fundamental-Bildung unter der Kreide [1]) scheint aber innerhalb des weiten Raumes der colchischen Niederung eine bedeutende Dislokation und Depression erlitten zu haben. Die vergleichenden geognostischen Erfahrungen, die ich über das Vorkommen der Steinkohlen und ihrer Lagerungsverhältnisse auf beiden Gebirgsseiten gemacht habe ergänzen und erläutern sich gegenseitig, und sprechen dafür dass die Kohlenformation zwischen dem Terek und Kuban am Elburuz, wie die in Imerethien ein und demselben Horizonte angehören müsse, der mindestens das *terrain oxfordien inférieur* berührt. Diese Vorstellung giebt aber auch der untersten Abtheilung der kaukasischen Schiefer ihre wohlbegründete Stellung als kaum zu bezweifelndes Aequivalent des unteren deutschen schwarzen Jura. Eine genaue vergleichende botanische Untersuchung der Pflanzenreste, welche an den genannten Lokalitäten vorkommen, erschien nun von dem Standpunkte dieser Voraussetzung sehr wichtig. Herr Professor Göppert in Breslau hat diese Untersuchung in Bezug auf die Steinkohlen-Pflanzen von Imeretien und Daghestan auf mein Ersuchen ausgeführt und mit ehrender Anerkennung des grossen Dienstes, welcher damit der Geologie des Kaukasus geleistet worden ist, halte ich eine wörtliche Wiedergabe der mir brieflich zugestellten Resultate für eine erfreuliche Pflicht. Ausdrücklich bemerke ich hierbei, dass Herrn Göppert die Ansichten und Schlussfolgen, zu welchen die rein geognostische Seite der Forschung mit Rücksicht auf die Hauptsache bereits geführt hatten, unbekannt geblieben waren. In Folge der ersten Zusendung von Pflanzenabdrücken und Kohlen aus der imerethinischen Formation erhielt ich die nachstehenden Mittheilungen.

1) Bulletin de la Classe physico-mathém. Tome XVI. pag. 316.

a. Untersuchung der fossilen Reste von Tqirbul in Imerethien.

A. *Fahrenkräuter* befinden sich in *No.* 1, 2, 6 in zwei verschiedenen Arten, die aber Beide, wiewohl nur theilweise erhalten, die Gattung *Pecopteris* nicht verkennen lassen. Die eine Art ist, wie Sie sehr richtig beobachteten, mit kleinen Fruchthäufchen bedeckt; die andere kommt der von Phill. unter dem Namen von *Pecopteris exilis* (Yorkshire 1831. Pl. VIII, Fig. 16) überaus nahe, ohne dass ich jedoch wegen der nicht sehr vollständigen Exemplare ihre Identität positiv behaupten möchte.

B. *Cycadeenblättchen*, von parallelen Nerven durchzogen, zur Gattung *Pterophyllum* gehörend, in solcher Menge über einander, dass sie selbst die Kohlenmasse bilden; wie No. 7 vermischt mit nervenlosen, hie und da noch biegsamen, nur schwach gebräunten, äusserlich ähnlich geformten Blättchen, die nur aus den Lagen der Oberhautzellen bestehen, während das Innere (*Mesophyllum De Cand.*), das Zell- und Gefässgewebe ausgefault und weggeführt zu sein scheint; denn nicht nur die Rinde der Bäume, sondern auch die Oberhaut krautartiger Pflanzen widerstehen der Fäulniss nach meinen Beobachtungen länger als das von ihr umschlossene Innere.

Diese Cycadeen-Kohle war mir um so interessanter als ich seit ein Paar Jahren in grossen längst bekannten und benutzten Schwarzkohlenlagern Steinkohle auffand, die ich wegen der Erhaltung ihrer Struktur ähnlich bezeichne wie Sigillarien, Calamiten, Noegheratien und Lepidodendron-Kohle.

C. Die Exemplare N. 3, 4, 5 zeigen nun aber die vorstehend genannten Blättchen mit ihrer ganzen Basis an eine Spindel befestigt; sie begründen die charakteristischen Kennzeichen der Gattung *Pterophyllum*, aber zu einer neuen Art gehörend, deren Diagnose die folgende ist: [1])

Pterophyllum caucasicum Göpp. Pt. fronde pinnata, pinnulis integris (alternis?) subpatentibus, lato-linearibus basi aequalibus aproximatis, apice oblique rotundatis 18—20 nervis, rhachi latitudine pinnularum (supra caniculata infra convexa).

Diese Art steht in der systematischen Reihe zwischen *Pterophyllum Preslianum Göpp. (Zamia pectinata Brgn.)* und *Pt. taxinum (Zamia taxina)*; beide Arten aus der Oolithformation zu Stonesfield.

D. Die in glänzend schwarze Kohle verwandelten Stämmchen verschiedenen Durchmessers (No. 10, das grösste mit dem inneren, achsenähnlichen Theile, *nov. sp.*) setzten der mikroskopischen Untersuchung die grössten Schwierigkeiten entgegen, indem es mir durchaus nicht gelingen wollte, irgend Strukturverhältnisse darin wahrzunehmen. Vergebens suchte ich in etwa vorhandener Rinde Aufschluss zu erhalten, von welcher jedoch keine Spur erhalten zu sein scheint. Wahrscheinlich erlitten die Vegetabilien vor der Carbonisation und Einhüllung in Erdschichten erst einen länger dauernden Macerationsprocess. Endlich glückte es in einem vorsichtig quergespaltenen abgeriebenen Querschnitte die *Coniferen*-Struktur oder die

1) Da mir Herr Professor Göppert die Wahl der Benennung dieser neuen Species überlassen hat, so habe ich es für passend gehalten, die Art als *Pterophyllum caucasicum* einzuführen.

chymatosen Zellen, wie sie der Querschnitt lebender und fossiler *Coniferen* zeigt, zu sehen, wie ich denn auch in kleinen Aestchen Jahresringe erkannte, die freilich auch schon durch die parallelen Längsstreifen im Inneren des Stammes, aus welchem der achsenartige Theil entnommen war, constatirt wurden.

Vergeblich aber waren meine Bestrebungen einen durchsichtigen Splitter für die Längs- oder Vertikalansicht zu erhalten, so dass ich nun wohl behaupten kann, jene Stämme seien Coniferen, nicht aber Ihre Anfrage zu beantworten vermag, in welcher Beziehung sie mit dem durch Kiesel versteinerten Holze No. 14 stehen, welches zur Gattung *Pinites* nicht aber zu den *Araukarien* gehört.

E. Unter den als Haufwerck von Stengeln No. 13, 16 bezeichneten Exemplaren fand ich nach dem Einweichen in Wasser, in welchem sie ihren Zusammenhaug verloren, 1 — 2 Zoll lange rundlich zugespitzte nadelartige Gebilde, die ich für Nadeln einer *Conifere* halten zu müssen glaube, wenn ich auch kanm eine jetztweltliche *Conifere* mit so unverhältnissmässig dicken, starren Nadeln kenne.

F. Unter jenem Haufwerk fand ich aber nur ein Exemplar eines schwach gebräunten, ovalen, etwa $1^1/_2$ — 2 Linien langen, dünn zusammengepressten Saamen, der sich vielleicht wohl noch in grösserer Zahl finden möchte; wie ich denn auch bitte nachsehen zu wollen, wie weit jene Nadeln, No. 15, mit den *Coniferen*-Aesten und Stämmen in Verbindung stehen. Dieser noch zellige Saamen war mir deswegeu interessant, weil Phillips T. VII, fig. 25 ganz ähnliche Saamen aus dem Oolith abbildet.

So weit es nun nach Maassgabe des vorliegenden Materials erlaubt ist, meine Meinung auszusprechen, so sind es, wohl bemerkt, nur nach den Pflanzen beurtheilt, wobei ich weder auf Lagerungsverhältnisse noch etwa beobachtete thierische Reste Rücksicht nehme, drei Formationen in denen eine ähnliche Zusammensetzung der Flora angetroffen wird; die Lias-, der untere oder braune Jura und die Wealden-Formation.

Die an mehreren Orten in England, Baireuth und in Nieder-Oestreich nachgewiesene grosse Aehnlichkeit der Liaspflanzen verschiedener Lokalitäten unter einander, die sich namentlich durch sehr ausgezeichnete Farrenformen, *Thaumatopteris*, *Phaeniopteris*, *Sagenopteris* und dergl. ausspricht, gestattet eine solche Annahme des Lias nicht. Die der Wealdenformation in England und Deutschland so eigenthümlichen *Endogenites erosus*, werden gleichfalls vermisst, so dass ich mich um so mehr für die untere Juraformation oder den braunen Jura erklären möchte, als in der That auch eine gewisse Aehnlichkeit zwischen den von Ihnen und den von Phillips beobachteten Arten statt findet.

Die zweite Beurtheilung, über Pflanzenabdrücke aus der Kohlensandsteinformation von Daghestan, entnehme ich einem an mich nach Tiflis gerichteten Briefe des Herrn Prof. Göppert.

b. Untersuchung der fossilen Pflanzenreste aus dem Thale von Ulutschra in Daghestan.

Die Untersuchung der diesmal mir überschickten Petrefakte hat zu noch entschiedeneren Resultaten geführt als die der früheren Sendung. Ich erkannte schon bei dem Auspacken alte

Bekannte, und irrte auch nicht als ich sie näher untersuchte. Denken Sie sich, dass in Oestreich in den nordöstlichen Alpen bei Wienerbrück ganz dieselben Pflanzen vorkommen, eben so in Baireuth in der unbezweifelt als solche erkannten Liasformation. Als ich die ersteren Pflanzen dieser Vorkommnisse im Jahre 1843 bei Haidinger in Wien sahe, erklärte ich gleich auf Grund meiner genauen Bekanntschaft mit den Baireuther Pflanzenpetrefakten, die Schichten, in denen sie sehr häufig angetroffen werden, für Lias, eine Ansicht mit welcher sich gegenwärtig auch die östreichischen Palaeontologen für einverstanden erklärt haben.

Da ich voraussetze, dass Sie wohl eine Abschrift des Verzeichnisses der mir übersandten Petrefakten angefertigt haben, lasse ich nun die Bestimmung der einzelnen Exemplare folgen und führe bei jeder Art an, wo man sie auch noch bis jetzt entdeckte.

1) Blattabdruck eines Farrenkrautes. *Taeniopteris vittata Brgn.;* an drei Orten der östreichischen Liasformation, Baireuth, im Lias von Hoer, Whitby, Gristorpe-Bay bei Scarborough; 2) *Taeniopteris*, entweder ältere Blätter der vorigen Pflanze oder eine eigene Art derselben Gattung. Ich fand sie auch bei Gaming und glaubte sie als eigne Art wegen des dicken Mittelnerven und dicken Stieles *crassipes* nennen zu müssen; halte sie auch noch für eine eigne Art. Das zusammengedrückte Stengelglied gehört dem *Equisetes columnaris St.* an, einer ebenfalls bei Baireuth wie bei Gaming in Oestreich vorkommenden Art. Ob die im Keuper bei Stuttgard angegebene Art mit der vorliegenden übereinkommt, weiss ich nicht; 3) *Alethopteris Whitbiensis* von Baireuth, Oestreich, aber auch im Oolith bei Scarborrough; 4) *Taeniopteris* wie No. 2; 5) *Equisetites columnaris*; 6) *Taeniopteris vitt.* mit Bruchstücken von *Cycadeen*-Blättern der Gattung *Nilsonia*, die höchst ausgezeichnet bei Baireuth vorkommen; 7) *Alethopteris Whitbiensis*; 8) Kohle, derjenigen des Lias aus Oestreich überaus ähnlich; auf den Ablösungsflächen noch Andeutungen von Blättern. Ich habe nun bis jetzt ausser der von Ihnen aus Imerethien und Daghestan gesendeten Kohle und der östreichischen auch bambergische und baireuther, auch Wealdenkohle aus dem Bückeburgischen, und Quadersandsteinkohle aus Schlesien zu untersuchen Gelegenheit gehabt und habe gefunden, dass sich alle diese verschiedenen Kohlen in der dichten ungeschichteten Beschaffenheit einander sehr ähneln, jedoch namentlich durch den Mangel an Schichtung und Fehlen der sogenannten mineralischen Holz- oder Faserkohle auf den Schichtungsflächen von der alten Steinkohle wesentlich verschieden sind. Diese Faserkohle, welche in der angegebenen Weise in der alten Steinkohlen-Formation selten fehlt, besteht meinen Untersuchungen zu Folge aus Coniferen-Resten, so wie höchst wahrscheinlich auch aus Calamiten, (*Calamites Cotta*); 9) wie No. 2. *Taeniopteris* mit *Equisetites columnaris St.*; 10) Entschieden eine Frucht, aber für mich wenigstens unbestimmbar; also in das grosse Geschlecht *Carpolithes* zu verweisen. No. 11 ist Holz von einer Conifere, aber das Detail der Anatomie wegen unvollkommener Erhaltung nicht nachzuweisen.

Es würde mich freuen, wenn aus diesen Bestimmungen gezogene Schlüsse, dass diese Kohle der Liasformation zuzuzählen sei, auch durch die geognostischen Verhältnisse der ganzen Lagerung bestätigt würden.

Die Uebereinstimmung der Schlussfolgen, zu welchen die vorstehende vergleichende Un-

tersuchung der Pflanzenreste in Bezug auf die geologische Stellung der Steinkohlen von Imerethien geführt hat, mit denjenigen, welche das Resultat der rein geognostischen Forschung sind, ist befriedigend. Sie verstärkt entschieden die Beweiskraft der Voraussetzungen, die aus der Entdeckung der Fossilien des braunen Jura bei Korta und Kirchonis, auf das Alter der Schiefer des südlichen kaukasischen Gebirgsabfalles gemacht werden dürfen. Die Tragweite der botanischen Folgerungen erstreckt sich aber auch beweisend auf den nördlichen Abhang des Kaukasus, wo die Kohlensandstein-Formation aus übereinstimmenden stratigraphischen und paläontologischen Gründen als Aequivalent des *terrain oxfordien inférieur* angenommen werden durfte. Minder stark erscheint dagegen die Wahrscheinlichkeit, dass die Steinkohlen in Daghestan ein und demselben Horizonte angehören, welcher die Kohlenablagerungen in der nordwestlichen Hälfte des kaukasischen Gebirges aufnimmt. Zu dieser Ansicht nöthigt die noch bis zu diesem Augenblicke schwebende Unsicherheit über die bathrologische Stellung derjenigen Kohlensandstein-Formation, auf welcher in der ganzen südöstlichen Hälfte des Kaukasus das reich und vollständig entwickelte und in allen seinen Theilen befriedigend erkannte Kreidegebirge ruht. Nach den Untersuchungen L. v. Buchs ist unter den zahlreichen Fossilien die ich während einer achtwöchentlichen Durchforschung der daghestanischen Schiefer-, Sand- und Kalkstein-Formationen gesammelt habe, kein einziges gefunden, welches mit Bestimmtheit auf ältere Bildungen als die Kreideformation hätte schliessen lassen dürfen.

Wenn ich nun selbst auch niemals daran gezweifelt habe, dass die unter dem *Néocomien* vorhandene, den grösseren Theil von Daghestan einnehmende dunkelgraue Schiefer und Sandstein-Formation dem Jura zugezählt werden müsse, so hat der Mangel an paläontologischen Beweisen aus dem Gebiete der Meeresfaunen mich doch bisher immer abgehalten, den rein geognostisch-vergleichenden Gründen, auf welche sich diese meine Ansicht stützt, einen bestimmten Ausdruck zu geben.

In den Sammlungen des Kaiserlichen Bergcorps habe ich vor Kurzem, bei näherer Durchsicht einer Anzahl im Jahre 1848 aus Daghestan gesendeter Fossilien, die nur wohlbekannte Kreideformen darboten, zwei vortrefflich erhaltene Exemplare von *Ammonites Humphresianus* gefunden, welche als *Am. Decheni*, also als Kreiderepräsentanten angegeben, in der Nähe von Kumuch gesammelt worden waren. Die Natur des Gesteins, welches von demselben Fundorte noch andere unbestimmbare Steinkerne ähnlicher Natur einschloss, wie ich dergleichen 1847, wahrscheinlich aus gleicher Schicht gesammelt bewahre, lässt mich nicht anstehen die Vollgültigkeit dieses ersten mir bekannt gewordenen Beweises von dem Uebergehen desselben Horizontes nach Daghestan anzuerkennen, welche die *Facies* des Eisenooliths aufnimmt, die ich aus Alagir ohnweit Unal beschrieben habe. Ich zweifle um so weniger an dieser Uebereinstimmung als unter den etwas weiter im Ar-Don-Thale hinauf von mir gefundenen Ammoniten-Fragmenten sich eins befindet, welches schlechter Erhaltung halber vermuthungsweise dem *A. Humphresianus* zugezählt werden durfte. Einige erläuternde Bemerkungen über die geognostischen Verhältnisse der kohlenführenden Sandstein-Formation im Inneren des daghestanischen Berglandes und ihrer Beziehungen zu den Kreide- und Schieferbildungen daselbst, als Re-

sultat eigener Beobachtung werden den von botanischer Seite so überaus werthvollen Angaben gegenüber hier zur pflichtmässigen Nothwendigkeit.

Die grosse physikalisch-mineralogische Verschiedenheit zwischen der nordwestlichen und der südostlichen Hälfte des Kaukasus, hauptsächlich bedingt durch die Abwesenheit einer durchgehenden krystallinischen Centralzone, und das davon abhängige Fehlen der metamorphischen Gesteine äussert sich vorzüglich in der Schiefer- und Sandsteinformation. Wenn mehr oder minder seidenglänzende Beschaffenheit, dunkle Färbung, ein gewisser Grad von Härte, schwaches Brausen mit Säuern, vor Allen aber leichte schiefrige Theilbarkeit die ächten kaukasischen Thonschiefer in Radscha Suanien und Ossetien charakterisiren, so zeichnen sich die daghestanischen Schiefer durch heller gefärbte, weichere und dickschiefrige Beschaffenheit, stärkeres Brausen mit Säuern, vorzüglich aber durch gemehrten Eisengehalt und quantitatives Uebergewicht psammitischer Zwischenglieder aus, die in der oberen Abtheilung der Formation beinahe ganz in eine röthliche Sandsteinbildung aufgehen. Einen reichen Einblick in die Natur des fundamentalen Schiefer- uud Sandsteingebirges von Daghestan wie in die geognostischen Beziehungen desselben zu sämmtlichen jüngeren Sedimentär-Formationen dieses Landes, gewähren die geognostischen Verhältnisse, welche der Uebergang nach Daghestan aus dem Schiragthale über den Pass der kumuchischen Wasserscheide[1]) 8610 engl. F. über dem Meere zwischen dem Kokma und Alachun-Dagh in das Flussgebiet des kasykumuchschen Koy-ssu nach Kumuch darbietet.

Dieser Weg gewährt den Vortheil dass er sich in der Achsenregion der Haupterhebungszone erstreckt, welche im Inneren Daghestans in N. 45° W. die orographischen Grundzüge des südöstlichen Gebirgslandes wesentlich bedingt hat und zugleich eine sehr bestimmt ausgeprägte Demarcationslinie zwischen dem Schiefer- und dem Kalkterrain hervorbringt.[2]) Ein ostwestlich gerichteter Seitenast der hohen Schieferkette, welche die Thäler des Samur und Kurach-Tschai von einander trennnt, und als wahrscheinliche südöstliche Fortsetzung des kaukasischen Nebenkammes zu betrachten ist, schliesst das Thal von Kurach gegen N. ab und bethätigt das Miteingreifen einer zweiten ostwestlichen Erhebungsrichtung zuerst am Passe zwischen Kurach und Schirag durch den Wechsel der Streichungslinien in W. 25—30° N. Weniger gestört sind die Schichtenverhältnisse am Passe der kumuchischen Wasserscheide, wo das Streichen wieder W. 30 bis 37° N. mit südwestlichem Einfallen ist. Mit dem Eintritt in das Thal von Chosrek, dessen höchster Weiler 7832 Fuss über dem Meere liegt, wird das Einfallen der genau N. 30 bis 45° W. gerichteten Schiefer- und Sandsteinschichten nordöstlich, also von Innen nach Aussen abfallend. Die Schichtenköpfe der Formation mit ihren mächtigen Sandsteinzwischenlagern zeigen sich in regelmässiger Fortsetzung an der rechten Thalwand und gewinnen namentlich in der Höhe über Chosrek ganz das Ansehen von Flötzkalk. Derbe Sphärosiderite in plattgedrückten nierenförmigen und polysphärischen Massen, durch atmosphärische

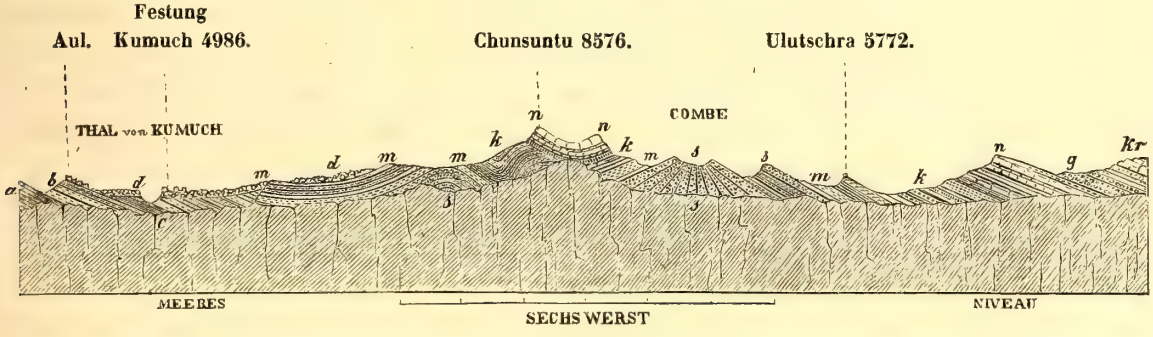
1) Meine ersten Nachrichten über die Wasserscheide, sowie diese Beweisführung ihrer Existenz finden sich in Poggendorfs Annalen 3. Serie, Band XVI, pag. 151.

2) Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Berlin. 1851. Band III. pag. 35.

Einwirkung zerlegt, geben ganzen Schichtenlagen rostbraunes Ansehen. Tiefere dunkle schwarze Schiefer sind und bleiben im Thale hinunter bröcklich und von geringem Zusammenhange; dagegen besitzen die plattenförmig brechenden Sandsteine den Werth compakter Zwischenträger des schiefrigen Gebirgsbaues. In den oberen Gliedern erscheinen versteinerte halbverkieselte, halb Kohlensubstanz darstellende Hölzer häufig als die Kerne der sphärosideritischen, Cämentstein gleichenden Septarien. Auch die Schiefer zeigen häufig Neigung zu sphäroidischen Strukturverhältnissen im grossen Maassstabe und gehen nach Oben zu in graue Flötzsandsteine, thonigschiefrige und graue kalkigsandige Mergel von sehr bedeutender Mächtigkeit über, in welche die zum Flussgebiet des Koy-ssu gehörigen Thäler eingesenkt sind. Die obere Zone dieser grauen Schichten, welche ebenfalls von platt sphäroidischen Geoden mit rostbrauner Rinde durchschwärmt werden, führt durch immer lichter werdende, Kalksubstanz aufnehmende Mergel constant in die neocome Kalkformation über, welche mit grosser Mächtigkeit auf den plateauartigen Höhen der rechten Seite des Kumuchthales in einer ähnlichen Weise des Erscheinens sich einstellt, wie der Nakerala-Kalk auf dem nordöstlichen Thalrande von Okriba. Der Koy-ssu durchschneidet dicht unterhalb der Festung im tiefen Thalspalt dunkelgraue weiche mergliche Schiefer mit den bereits erwähnten sphärischen Cämentstein-Concretionen, in welchen neben den verkieselten Holzfragmenten mitunter solche von blättrigen Kohlenschiefer vorkommen. In oberen kalkigen Zwischenlagern, fanden sich neben unbestimmbaren Acephalen kleine *Ammoniten*, welche Hr. v. Buch als *A. strangulatus* des *Neocom.* bestimmte [1]). In tieferen Schichten welche ein *Ravin* hinter dem Aul Kumuch entblösst, zeigten sich dunkelbraune schiefrigkalkige Lager mit den Steinkernen schwer zu deutender cyrenenartiger Bivalven, die um des Horizontes willen wichtig sind, den sie andeuten. Etwas späthige Kalke zeichnen sich im Liegenden dieser Schichten durch Beimengungen von Trümmerprodukten entschiedener Eruptivgesteine aus. Dieser ganze, seiner Seits entschieden zu den dunklen Mergelschiefern gehörende Schichtenverband begreift die Aequivalente der zuvor erwähnten eisenoxydreichen Sandstein-Formation der oberen Schiefer-Etagen. Von dem Aul Chosrek, der in der oberen Thalstufe des zwischen Kokma und Alachun-Dagh beginnenden Koy-ssu in 6880 engl. F. Meereshöhe liegt, bleibt das Flussbett bis Kumuch 4986 e. F. immer in der so eben angegebenen Formation ohne tiefere Schichten zu durchschneiden. Dagegen durchsetzt der in engen Thalspalten sich von Kumuch nördlich wendende Fluss bis nach Zudakar 3640 e. F. die äusserst mächtig entwickelte Formation eines hellen eisenschüssigen Sandstein, der sich wesentlich von den bisher betrachteten unterscheidet, aber sehr bestimmt an den Steinkohlen führenden Sandstein am Kuban erinnert. Die Dislocations- und Erhebungsrichtung dieser Formation bleibt ebenfalls N. 30 bis 45° W. constant; allein die in der Tiefe des Thales zu beobachtenden Störungen sind so gewaltsam und plötzlich, dass man kaum etwas Verworreneres sehen kann als die Schichtungsverhältnisse zu beiden Seiten des Flusses zwischen Kumuch und Tschunilja. Aus den Erscheinungen in dem Innern der Thäler geht hervor, dass den Aufrissen der Spalten welche die letzteren bedingten, sogleich Senkungen der Ränder der Spalten nachfolgten, die sehr oft isoklinale und

1) Zeitschrift. l. c. pap. 41.

synklinale beinahe senkrechte Wände an den Flussseiten zu Wege bringen. Die stärksten Dislokationen zeigt dieser Sandstein in der Nähe der Schlucht von Zudakar, besonders bei dem Aul Kuma. Die vorhin näher bezeichneten grauen Sandstein- und Mergelschichten lagern hier unmittelbar auf diesen Sandstein und sinken mit demselben unter den neocomen Kalkstein des Turtschi-Dagh. Die geognostische Stellung dieser Bildung als Aequivalent der oberen Abtheilung der Schieferformation hinter dem Aul von Kumuch ist schon hiermit gegeben; noch bestimmter wird dieselbe durch Zwischenlager von sandigen Kalk mit Kohlentrümmern und Donax- oder cyrenenartigen Abdrücken in jenem Sandsteine angedeutet, der eine gute aber in zahlreichen Flötzchen von geringer Bedeutung sich zersplitternde Steinkohle einschliesst. Das Sohlgestein dieser Kohle bildet harter glänzender Schiefermergel von dunkel aschgrauer Färbung, mit den wohlerhaltenen Resten der zuvor angegebenen Pflanzenabdrücke erfüllt. Fein eingesprengter Schwefelkies durchdringt ganze Schichten eines zugleich mit vorkommenden tauben Kohlenschiefers, sowie schwache trennende Sandsteinschichten und veranlasst die überall in grosser Menge auswitternden schwefelsauren Salze, welche diesem Kohlensandstein ebenso eigenthümlich sind, wie das Vorkommen schwefelsaurer Magnesia dem Kohlensandstein am Kuban ist. Eine vollständig übersichtliche Einsicht in die zuvor berührten Verhältnisse gewährt das folgende, rechtwinklich auf die Haupterhebungsachse von N. 45° W. gerichtete Profil der geognostischen Verhältnisse zwischen Kumuch und Ulutschra.



a. bezeichnet die dunklen merglichen Schiefer der oberen Abtheilung der fundamentalen daghestanischen Thonschiefer-Formation.

b. Die dunkelbraunen schiefrig-kalkigen Lager mit *Donax*- oder *Cyrenen*-artigen Bivalven und Fragmenten verkohlter und silificirter Hölzer.

c. Dunkle feste pelitische Gesteine, feinkornig unempfindlich gegen Säuern; mit Concretionen sehr bituminöser kalkiger dichter Massen, welche halb verkieselte Holzfragmente, *Ammonites strangulatus* und *Mytilus falcatus d'Orb.* mit Bruchstücken von eng- und feingestreiften *Saurier*-Zähnen, nach den Bestimmungen von L. v. Buch einschliessen.

d. Diluvialgerölle der Schiefer, Sandsteine und Kalke durch kalkreichen Schieferschlamm zu festem Puddingstein verkittet.

m. Graue, sandsteinartige, plattenförmig sich ablösende Mergel und schiefrige Sandsteine von sehr bedeutender Mächtigkeit, mit neocomen Versteinerungen.

k. Unmittelbar unter der Kalkformation auftretende, helle kalkige Mergel des *Néocomien;* sie schliessen plattgedrückte, Sphärosiderit-Concretionen ein, in welchen mitunter Ammoniten aus der Abtheilung der *Falciferen* vorkommen. Untergeordnete lockere Schichten von thonig-sandiger Beschaffenheit enthalten in bituminösen Thongallen: *Ammonites Hugardianus d'Orb.* — *Belemnites subfusiformis d'Orb.* — *Astarte formosa d'Orb.* — *Turritella sexlineata syn. T. difficilis d'Orb.* etc. etc.

N. Dichte weisse mitunter oolitische Kalksteine; Dolomite mit *Terebratula nuciformis* Sow. — *T. biplicata angusta.* — *Ostrea Milletiana d'Orb.* — *Exogyra haliotidea d'Orb.* etc. etc.

G. Gault und oberer Grünsand; über dem neocomen Kalkstein lagernde Thon- und Sandschichten; kalkreiche lockere Mergel; besonders ausgezeichnet durch sphärische Concretionen von den Grössenverhältnissen einer Bombe bis zu 15 und 18 Fuss im Umfang. Aschgraue Kalksteine, an der Oberfläche Sandsteinen gleichend; 150 bis 200 F. mächtige lockere Schichten mit zahlreichen und wohl erhaltenen Versteinerungen; die Cephalopoden durch ungewöhnliche Dimensionen ausgezeichnet — *Ammonites Milletianus.* — *A. Deshaysii.* — *A. fissicostatus.* — *A. Martini.* — *A. Duvaliani* etc.

K. Obere Abtheilung der Kreideformation über dem Gault; *A. Rothomagensis;* — *Inoceramus sulcatus;* — *Exogyra laciniata* etc.

S. Kohlensandstein-Formation von Ulutschra von grosser schwer zu bestimmender Mächtigkeit; Conglomerate fehlen; meistens gelbliche eisenoxydreiche thonige Sandsteine. Die Kohlen zeigen sich immer in Verbindung mit kohlenhaltigen Schiefern reich an den pag. 473 beschriebenen Pflanzenaddrücken. Die Kohlenschiefer gehen in graumergliche Thonschichten über, die oft bedeutende Zwischenlager bilden und von festen Sandsteinen von aschgrauer Färbung unterteuft werden. Die Kohlen bestehen aus fester vortrefflicher Glanzkohle und würden sehr werthvoll sein, wenn anstatt der zahlreich übereinander vorkommenden Lager von wenigen Verschok Mächtigkeit Schichten von grösserer Bedeutung vorkämen. Die Schwierigkeit des Abbaues der von festen Dach- und Sohlgestein eingeschlossenen Kohle nöthigt selbst 4 bis 5 Verschok mächtige Schichten zu vernachlässigen. Bohrungen im Scharad- oder Alkaba-Thale südwestlich von Ulutschra würden hier von Nutzen sein können, da es möglich ist, dass schon in geringer Tiefe im Innern dieser Thäler bauwürdigere Kohlen-Flötze angetroffen werden könnten.

Wenn man die Sandsteinformation von Ulutschra und Scharad (Drei Thäler) bis nach Zudakar als ein Ganzes auffasst, so ist es unverkennbar wie dieselbe eine eliptische Erhebung darstellt, mit ähnlicher orographischer Formenentwickelung wie die *Comben* des Jura von Porentruy und Solothurn. Querthäler spaltenartig von der Central-Erhebung an durch das System setzend, münden in Längenthäler aus, die in der Richtung der Erhebungsachse N. 45° W. also parallel mit derselben und zwar dergestalt ziehen, dass ihre Wände als schroffe wenn auch niedrige Kämme in die Reihe der Längenrücken treten, die einen wesentlichen Theil des südöstlichen Daghestan constituiren. Die vorhergegangene geognostische Darstellung zeigt, dass die Kohlensandstein-Formation von Daghestan ihre Stellung zwischen der Kreide- und Jura-For-

mation einnimmt. Da es keinem Zweifel unterliegt, dass die dunklen Schiefermergel von *a.*, als die älteste Bildung welche das Profil entblösst, Aequivalente der oberen kaukasischen Schieferformation sind, und die *Ammonites-Humphresianus*-Schichten entweder in *a.* oder *b.* zu suchen sind; da ferner die Schichten in *c.* nur Kreide-Petrefakten gezeigt haben und der Horizont der Kohlensandsteine durch die mit Kohlenfragmenten zusammen vorkommenden *Cyrenen*- oder *Donax*-artigen Bivalven zwischen *a.* und *c.* zu verlegen ist, so wird es sehr wahrscheinlich, dass die Kohlen führende Formation das unterste Glied des *Néocomien* bildet; eine Ansicht welche allerdings mit der Möglichkeit zu concurriren hat, dass die Entstehung der Kohlenablagerung in Daghestan sogar in die *Wealden-Periode* fallen könnte. Dagegen stellen die geognostischen Verhältnisse den geologischen Horizont der Kohlensandstein-Formation in der Elburuz-Umgebung mit grosser Bestimmtheit in das Nivau des unteren braunen Jura oder des *terrain oxfordien inférieur.*

In Bezug auf die Kohlensandstein-Formation in Imerethien konnte aus den Lagerungs-Verhältnissen allein kaum ein anderer Schluss gezogen werden als der, dass die gesammte Bildung nicht wohl in der untersten Abtheilung des braunen Jura wie auf der Nordseite des Gebirges ihre Stellung annehmen könne, sondern höher liegen müsse. Inductive Gründe, welche an die Uebereinstimmung der Kohlenfragmente anknüpfen, die in den Schichten des braunen Jura bei Korta und Kirchonis wie in den Sandsteinschiefern in Okriba im Liegenden der Kohle von Tqirbul vorkommen berechtigten dagegen zu der Annahme, dass diese Kohle derselben geologischen Periode wie die Steinkohle am Kuban, mithin dem *terrain oxfordien inférieur* also jedenfalls dem braunen Jura angehöre; eine Schlussfolge, welche in der Untersuchung der Pflanzenreste aus Imerethien durch Hrn. Göppert eine Bestätigung fand. Wenn nun die Untersuchung der *Flora* der daghestanischen Steinkohlen-Formation in Bezug auf ihr wahrscheinliches Alter eine Anomalie gegen die Schlüsse einführt, zu welchen die örtlichen Lagerungs- und allgemeinen geognostischen Verhältnisse von Daghestan auffordern, so zeigt dieser Umstand nur, wie nothwendig und wünschenswerth es ist, durch Vermehrung vergleichender geognostischer Untersuchungen in Daghestan vorzüglich aber im Gebiete der kaukasischen Schieferbildungen eine schärfer bestimmende geologische Sonderung in dem Ganzen dieser Formation durchzuführen, welche noch so vieles Problematische enthält. Auf diesem Untersuchungswege für welchen die entscheidenden Anknüpfungspunkte jetzt hinlänglich erkannt sind, hat auch die noch schwebende Frage ihre Beantwortung zu erwarten, ob und durch welche Schichten auf der Südseite des Kaukasus, wie in der ganzen südöstlichen daghestanischen Hälfte, die Ablagerungen der oberen oder weissen Juraabtheilung vertreten werden, welche zwischen dem Kazbek und Elburuz einen so vorherrschenden Antheil an der Zusammensetzung der kaukasischen Vorgebirge nehmen.

III. Die Kreideformation

besitzt für die Gebirge des ganzen Ländergebietes zwischen dem kaspischen Meere und dem schwarzen Meere eine aussergewöhnliche Bedeutung. Es beruht dieselbe eines Theils auf dem Umfange und der Intensität, womit innerhalb dieser ganzen Bildungsperiode der Niederschlagsprocess aus den Kreidemeeren jenem Theile des heutigen Festlandes feste Massen hinzufügte, und anderen Theils auf dem Einflusse der Vulkanität, welche diesen Process, wie die Produkte desselben, eben so verschieden als eigenthümlich modificirte, je nachdem dieselben sich an der Stelle des heutigen Kaukasus oder der georgisch-armenischen Gebirge ablagerten. Während auf beiden Seiten des kaukasischen Gebirgszuges die mineralogischen Charaktere der successiven Etagen der Kreideformation sich wenig von denen unterscheiden, welche die aequivalenten Ablagerungen in den von Hebungen nur gering influirten Niederungen Süd-Russlands besitzen und die fossilen Organismen der Formation vom unteren *Néocomien* bis zur oberen Kreide fast immer wohl erhalten und gut bestimmbar sind, ist die Reinheit dieser Charaktere in den georgisch-armenischen Gebirgen insbesondere für die unteren, das *Néocomien* und den *Gault* repräsentirenden Etagen beinahe völlig verloren gegangen. An die Stelle der auf der Nordseite des Kaukasus leitend gewesenen mineralogischen Charaktere sind andere getreten und die Versteinerungen sind theils bis zur Unkenntlichkeit entstellt, theils gänzlich verschwunden. Offenbar steht die Intensität dieser Veränderungen hier in einer genauen Beziehung zu dem Umfange und der Energie womit Hebungen veranlassende Reaktionen der Vulkanität sich innerhalb der jüngeren Bildungsperiode grade an den Rändern der armenischen und nordpersischen Plateauländer gehäuft haben. Die Vorstellung von lokalen, an diese Hergänge geknüpften Contaktsmetamorphosen kann hier nicht genügen, um die stattgefundenen lithologischen Veränderungen zu erläutern. Das endogene krystallinische Gestein, welches gangförmig durchbrechend in der Richtung der linear auseinander getretenen Spaltungen eruptiv wirkte, hat die gröberen und feineren Fragmente selbst geliefert, welche in ihrer häufigen Verbindung mit kohlensaurem Kalk die Hauptmasse der klastischen Agregate bedingen, die bald als Conglomerate, bald als Sandsteine, am häufigsten aber als schiefrige, erhärtete thonige Mergel oder Thonsteine das Ganze der Formation über weite Räume bilden. Die Thatsache wie der Hergang, in längeren und kürzeren Intervallen sich periodisch wiederholender Spalteneruptionen ist durch die Zwischenlager sehr verschiedenartiger Felsit-, Oligoklas- und Labradorporphyre angedeutet, auf welche wieder die entsprechenden gröberen und feineren, bald sandstein-, bald wackenartigen klastischen Gebilde folgen, deren gemeinsame, bald bräunliche oder graulich grüne Färbungen, vorherrschend aber die braunen stets die Nüancirungen des Grundtons der eruptiv ausgebreiteten krystallinischen Felsart sind. Unter den von thonig zersetzter Grundmasse umhüllten Conglomeraten, deren massige Anhäufung in der Nähe der krystallinischen Durchbruchsgesteine Regel ist, werden sehr häufig die abgerundeten Fragmente mannigfaltiger Porphyrgesteine gefunden, welche an der Oberfläche in der ganzen Umgebung nirgends zu Tage gehen. Auf Grund der hier angedeuteten Verhältnisse, in welchen sich die Resultate einer ganz ähnlichen Bil-

dungsentwicklung ausdrücken wie diejenige der klastischen Ablagerungen des alten Rothen-Sandsteins oder der permischen Formation in Deutschland, habe ich auf diese polygenen Conglomerate und ihre Nebengesteine die Benennung Trümmerporphyrformation in Anwendung gebracht. Die genaue geognostische Begränzung und mineralogische Präcisirung dieser Formation, so wie die Feststellung des geologischen Alters ihrer verschiedenen Theile begegnen grossen Schwierigkeiten. Paläontologischen und stratigraphischen Beweisen zu Folge, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Ursachen, welche die eruptive Spaltenthätigkeit bedingten, auf welche die in Rede stehenden Trümmerbildungen zurückzuführen sind, nicht allein in der Kreideperiode, sondern auch während der Zeit der Ablagerungen der Nummulitengruppe in gleicher Weise und zumal während der ersten Periode der letzteren besonders intensiv fortwirkten. Von mineralogisch-petrographischer Seite sind sichere Unterscheidungsmerkmale noch nicht gefunden, um in specielleren Fällen, wo das ohnehin nur äusserst sparsam vorhandene Moment der Versteinerung völlig fehlt, das relative Alter dieser Felsarten feststellen zu können, die eruptiv und sedimentär zugleich sind.

Der Antheil den die Trümmerporphyrformation an den Ablagerungen gehabt hat, welche in den geologischen Horizont des *Néocomien*, des *Gault* und der chloritischen Kreide fallen, steht indessen durch paläontologische Beweise fest, welche namentlich im Inneren der östlichen Randgebirge des armenischen Hochlandes von mir erkannt worden sind. Bedeutende Ausscheidungen von metallischen Oxyden und häufig sich wiederholende Spaltenausfüllungen durch geschwefelte Metalle knüpfen sich an chloritreiche und mit Serpentin verbundene Felsarten und deren Nebengesteine, welche der Achsenregion der Eruptionsspalten angehören, deren Thätigkeit sich bis in die Tertiärzeit ausdehnte, und mit vieler Wahrscheinlichkeit lässt sich die Entstehung des grösseren Theiles der Erze in den armenischen Gebirgen auf die Kreideperiode zurückführen.

Die grosse vulkanische Unruhe und Aufregung innerhalb der cretaceischen Periode am Rande der taurisch-armenischen Plateauerhebungen contrastirt, wie schon Oben bemerkt, auf das Schärfste mit der Ruhe, unter deren Einflusse am Kaukasus besonders auf der Nordseite die Schichten der sämmtlichen Hauptabtheilungen der Formation mit paläontologischen *Facien* sich ausbildeten, welche auf dem Nordabfalle des Gebirges mit denen des nordwestlichen Europas insbesondere Englands übereinstimmen, auf dem Südabfalle dagegen für die untere Abtheilung der Formation entschiedene Analogieen mit dem südeuropäischen Typus der westlichen Schweizer-Alpen bedingen. Auffallend genug nehmen die Kreideglieder der oberen Abtheilung der Formation auf dem armenischen Hochlande mehr den Charakter dieser Bildungen an, wie er sich in den östlichen Alpen zeigt, indem die *Turon*-Ablagerungen, die auf der südlichen Seite des Kaukasus nur spärlich hervortreten, in Armenien eine bei Weitem entschiedenere und umfangreiche Entwicklung gewinnen.

Die oberen Kreidebildungen in den armenischen Gebirgen.

Die obere Etage der Abtheilung, oder die *Senon*-Bildung, die als weisse Kreide, in

den östlichen Alpen und Karpathen fehlt, besitzt in Armenien, mit den ihr zukommenden Petrefakten, als *Inoceramus Cuvieri*, *Ananchites ovata*, *Spatangus cor anguinum*, *Galerites albogalerus*, eine sehr umfangreiche Verbreitung. Die theils mergelartigen, theils normalen Kalkschichten dieser Abtheilung kommen grösseren Theils in den tiefen Thälern eingelagert vor von hohen Kalkgebirgen umschlossen, theils lagern sie unmittelbar auf dem paläozoischen Terrain oder auf älteren Gliedern der Kreideformation selbst. Am ausgezeichnetesten in lithologischer und paläontologischer Beziehung sind die *Senon*-Bildungen im Araxes-Gebiet in den Thälern von Pojas und von Bielaw Tab. VII. Prof. IV. repräsentirt, welche von der pag. 451 erwähnten Massenerhebung des Systems von Kasan-Yaila und Gyneschick sich zur Araxesebene hinab erstrecken. Kreidemergel, den obersten Gliedern der Abtheilung entsprechend, begleiten den nördlichen Fuss der armenischen Gebirge und bilden die niedrigen Vorhügel derselben am Saume der weiten Kura-Thalebene. Senon-Bildungen von mächtiger Entwicklung nehmen durch Inoceramen charakterisirt ausgedehnten Theil an dem inneren Bau der somkhetischen und trialethischen Ketten und bedecken grosse Räume der flachen Gränzhöhen zwischen Karthalinien und Imerethien in regelmässiger Lagerung.

Eine bei Weitem ausgezeichnetere Stellung in der geognostischen Reihenfolge neptunischer Bildungen nehmen in den armenischen Gebirgen diejenigen Schichten ein, welche daselbst die zweite Etage der oberen Kreideformation oder der *Turon*-Bildungen vertreten. Ein in mancher Beziehung entsprechendes Aequivalent der Gosaubildungen in den östlichen Alpen, bestehen diese Schichten in Armenien aus thonreichen und kalkigsandigen Mergeln, besonders aber aus sehr mächtigen Conglomeraten und Ablagerungen von derben, festen und splittrigen Acteonellen- und Rudistenkalken, die oft eine sehr nahe physikalische Uebereinstimmung mit den Kalken des oberen Jura besitzen. Die Ausdehnung, welche diese Kalkbildungen in den armenischen Gebirgen zeigen, ist eben so umfassend wie der Einfluss, den dieselben auf den Gesammtbau der alpinen Vorberge nnd Ketten haben, durch welche der orographische Uebergang von den hohen Randgebirgen zu den flachen Thalebenen des Hochlandes wie der angränzenden Tiefländer vermittelt wird. Tab. VI, Prof. II und Tab. VII, Prof. IV und V.

Mitunter nehmen die dichten Kalksteine dieser Turonbildungen eine so dunkle Färbung an, dass sie leicht mit den gleichgefärbten Gesteinen des devonischen Terrains oder des Bergkalks zu verwechseln sind. In unmittelbarer Auflagerung auf den paläozoischen Kalken werden die Acteonellen und Nerineenkalke, z. B. am Tschaganly-Dagh, einem nördlichen Parallelzuge des Dsynserly-Dagh gefunden, Tab. VI, Prof. II. Die Trachyterhebung des Ag-Dagh, welche am nördlichen Saume der Araxesebene zwischen dem Garni- und Wedithale die weisse Kreide durchbricht, hebt Trümmer dieser dunklen Nerineenkalke aus der Tiefe empor. Tab. VII, Prof. V. Die dunklen Kalkbildungen, welche in dem Engthale des Araxes bei Ordubad von basaltischen Gangbildungen durchsetzt, in den zerrüttetsten Lagerungsverhältnissen von Nummuliten-Sandsteinen bedeckt gefunden werden, sind dieselben Acteonellenkalke. Die Rudistenkalke mit grossen Acteonellen bilden auch die fundamentalen Schichten der mächtigen Kalkgebirge, welche die nördliche Zone der armenischen Mittelgebirge formiren, und erscheinen auf der

Sohle des Akstafathales unmittelbar über den Porphyrconglomeraten der Eruptivgesteine der neocomen Periode.

Die jüngsten Glieder dieser Turonkalke, welche die pag. 431 erwähnten Alpenhöhen zwischen dem Kapan; dem Tschundur- und Berguschet-Tschai in den südlichen karabaghischen Gebirgen formiren, gewährten auf dem Plateau des Trapassar-Dagh den ersten untrüglichen Einblick in die wahre Natur dieser Flötzkalkbildungen, welche schon mehrfach war für Jurakalk gehalten worden. Zahlreiche gut erhaltene organische Einschlüsse waren im silificirten Zustande durch Verwitterung des Gesteins blosgelegt und konnten später durch verdünnte Salzsäure mit der Reinheit der Formen erhalten werden, welche die Figuren 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 der Tab. III wiedergeben.

Es bedurfte nur der Formen Fig. 1, *a*, *b* und Fig. 5 um gewiss zu sein, dass es sich hier um *Caprotina d'Orb.* oder *Requienia Matheron*, mithin um die erste Rudistenzone oder das *terrain urgonien* von d'Orbigny handle. Bestimmbarer als die abgebildete Art war *Monopleura urgonensis Math. Catalogue meth. Matheron*, Tab. 3, fig. 11 — 12; eine äusserst zierliche obere Valve dieser Art wurde durch Entfernung des Kalkes vermittelst Salzsäure blossgelegt. Besonders charakteristisch erscheint jener Kalk durch Nerineen bezeichnet, die ich auf keine mir bekannte Formen zurückzuführen vermochte. Fig. 3, 4, *a*, *b*, *c*; 7, *a*, *b*; 8, 10, 11, *a*, *b* zeigen die hervorragendesten Arten, welche im Kalk des Trapassar-Dagh ungemein häufig sind. Die *Turbinolien*-Form Fig. 6, *a*, *b* zeigt grosse Aehnlichkeit mit *Turbinolia rudis* Michel. aeq. *Placosmylia Parkinsonii* Edw. et Haimes. Mich. Icon. Zooph. pag. 17. Tab. IV, fig. 3 aus dem *terrain turonien* im Departement *du Var*. — Grosse Radiolithen, verschiedene Caprotinenarten, zahlreiche kleine Turritellen und insbesondere eine grosse Anzahl verschiedener Zoophyten, unter welchen Astraeen, durch starke caespitose Entwicklung besonders ausgezeichnet, vollenden eine *facies*, deren nähere Entwicklung einem anderen Orte vorbehalten bleiben muss. Derselbe Rudistenkalk verbreitet sich auf der rechten Seite des Araxes nach Azerbeidjan. Auf dem nördlichen Abhange der Daradyskette oberhalb des Dorfes Gerger fand ich *Radiolites socialis* d'Orb. und auf der Südseite desselben bereits pag. 451 erwähnten Gebirgszuges fanden sich Caprotinen-, Nerineen- und Hippuritenfragmente im weissen, grobkörnigen und bröcklichen Marmor.

Einer tieferen Etage der Turonbildungen in Armenien gehören ohnstreitig diejenigen Kalkschichten an, welche durch die Häufigkeit und Beständigkeit der in ihnen neben Nerineen auftretenden Acteonellen besonders charakterisirt sind und zur Unterscheidung als Acteonellenkalke aufgeführt worden sind. Die ausgezeichnetesten Typen dieser Klasse von Gasteropoden finden sich in dem bereits mehrfach erwähnten dunklen Kalk innerhalb der Araxesenge unterhalb Ordubad. Die *Acteonella* der Tab. III, fig. 2, *a*, *b* glaube ich nicht unbedingt der *A. crassa* d'Orb. unterordnen zu dürfen; wahrscheinlich begründet sie eine neue Art. Das *Cardium* der fig. 9, *a*, *b* derselben Tafel scheint gleichfalls einer neuen Art anzugehören. Unter den zahlreichen Fossilien, welche in diesem dunklen, völlig metamorphosirten Kalk vorkommen, gelang es mir kaum noch solche zu finden, die durch Abbildung einen Nutzen versprechen. Der Horizont der Actionellenkalke aus der Araxesenge lässt sich bis weit hin-

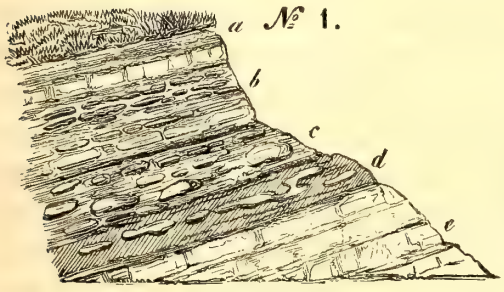
auf in die Randgebirge verfolgen, welche die nördliche Begränzung der Araxes-Ebene bilden und erst unter den vulkanischen Auflagerungen des Agmangan-Plateau in der Nähe von Eriwan verschwinden. Tab. VII, Prof. V. Einen ausgezeichneten Aufschluss über diese Fauna gewährt das tiefeinschneidende Querthal des zu dem Agmanplateau hinanführenden Wedithales. In 40 Werst Entfernung von der Araxesebene durchschneidet der Fluss in enger oberer Thalstufe ein Formationsganzes aus thonig-eisenoxydreichen Kalkmergeln, welche mit unreinen thonigen Kalklagern abwechseln. Diese Schichten, besonders die thonigen Mergel schliessen eine unglaubliche Menge der verschiedenartigsten Gasteropoden von bedeutenden Grössenverschiedenheiten ein. Die *Facies* zeigt eine überraschende Verwandschaft mit derjenigen, welche Zeckeli aus den Gosaubildungen und d'Orbigny von *Uchaux* aus dem Departement *de Drome et Veaucluse* beschrieben und abgebildet haben. Vorzüglich sind es Turritellen, Omphalien, Chemnitzen neben Nerineen und Acteonellen, die den Charakter der *Facies* bestimmen. Unter den kaum zu bezweifelnden Arten sind zu nennen: *Omphalia conica* Zk. Tab. II, fig. 1; — *O. Coquandiana* Zk. Tab. II, fig. 2, synonym mit *Turritella Coquandiana* d'Orb.; — *Nerinea Buchii* Zk. Tab. IV, fig. 3, 5; — *N. nobilis*, Tab. IV, fig. 1, 2; — *Acteonella rotundata* Zk. Tab. VII, fig. 8; — *A. caucasica* Zk. Tab. VII, fig. 10; — *A. voluta* Zk. Tab. VII, fig. 6. Weniger gewiss aber sehr nahe übereinstimmend mit den Abbildungen, welche die Autoren geben, sind: *Nerinea incavata* Br. Tab. V, fig. 3, *a*, *b*; — *Omphalia Kefersteinii* Zk. Tab. II, fig. 3, *a*, *b*; — *Acteonella obtusa* Zk. Tab. VII, fig. 7; — *Turritella difficilis* d'Orb. Tab. I, fig. 3; — *Cerithium depressum* Zk. Tab. XXIV, fig. 6, 7; — *Nerinea monilifera* d'Orb. Tab. 163, fig. 2, *b*. Ausserdem kommen vor: *Chemnitzia*, *Natica*, *Cardium* etc.

Dieselben Omphalien und Turritellen-Kalke finden sich in Bruchstücken unter den Trümmerconglomeraten der Trachytdurchbrüche des Ag-Dagh am Saume der Araxesebene, Tab. VII. Prof. V. Acteonellen-Kalke, welche durch einige der genannten Acteonellen, durch Rudisten wahrscheinlich *Hippurites cornu vaccinum* und durch *astraea*, wahrscheinlich *pentagonalis* charakterisirt, dem Horizont des Trapassar-Dagh zu entsprechen scheinen, werden bei Asna-Bert Tab. VII, Prof. IV, in marmorartige bröckliche weisse Kalkmassen verwandelt, innerhalb der Durchbruchszone Ophit- und grünsteinartiger Eruptivmassen mit ihren Mandelsteinen gefunden. Dieselbe Rudistenzone des Trapassar-Dagh in dem südlichen karabaghischen Gebirge, geht auch in die nördlichen über und überlagert dort in mächtigen, durch *Radiolithen*, *Nerinea nobilis* und *Buchii*, wie durch zahlreiche Corallen charakterisirten Kalkbänken unmittelbar klastische Eruptivbildungen deren Alter nicht zweifelhaft sein kann, da cämentsteinartige Geoden in denselben auf dem Südabhange des Murowdag (p. 8) unter vielen anderen schwer zu erkennenden Fossilien sehr deutlich *Ammonites Rothomagensis* sowie kleine Caprotinen in grünlich-grauen Sandsteinen einschliessen. Auf der Höhe des grossen Kesselthales von Schamkor zwischen Seglik und dem durch seine Eisenerze besonders wichtigen Distrikte von Daschkesan (pag. 430) knüpft sich an die so eben abgehandelte Formation der Radiolithen und Nerineenkalke ein sehr interessantes Vorkommen von Alaunstein von grosser technischer Bedeutung, dessen ich hier mit einigen Worten gedenken will, weil die Entstehung dieses Minerals an jener Lokalität auf das

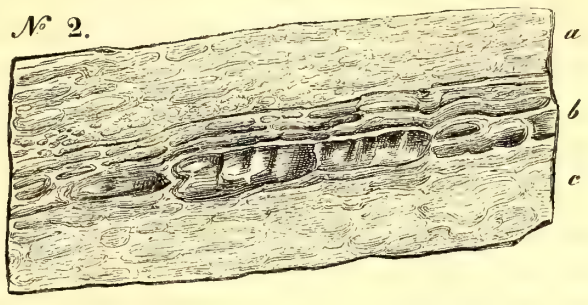
Engste mit dem eigenthümlichen Bildungsprocesse derjenigen Classe neptuno-plutonischer Conglomerate, Sandsteine und Mergel verknüpft ist, welcher dem Vorhergegangenen gemäss, auf Spalteneruptionen innerhalb der Kreide- und Tertiärperiode zurückzuführen ist.

Das Lagerungsverhältniss des Alaunsteins wie derselbe an dem scharfen östlichen Rande des Circusthales von Schamkor erscheint, wird durch die nächstfolgenden Holzschnitte No. 1 und 2 versinnlicht.

№ 1.



№ 2.



Geognostische Verhältnisse des Profils 1.

a. Grober und feinerer Trümmer-Schlamm zersetzter Eruptiv-Gesteine in welchen sehr schwer zu erkennende Fossilien als Steinkerne auf obere Kreide oder *Craie-Chloritée* deuten könnten; bildet die oberste Bildung unter der Dammerde.

b. Alaunsteinlager von 4 Fuss Mächtigkeit im Prof. 2 in seinen Strukturverhältnissen detaillirt dargestellt.

c. Dieselbe Schicht in welcher die ursprünglichen Kalkfragmente nach unkenntlicher und stärker verändert erscheinen.

d. Unförmliche, stark metamorphosirte Fragmente des Kalkes aus *e.*; eingeschlossen in thonig-psamnitischen Schichten zersetzter Eruptivgesteine; der allmählige Uebergang aus *e.* in *d.* zeigt, dass die oberen Schichten von *e.* eine tief eindringende Veränderung durch hydrochemische Aktion am Platze erlitten haben müssen.

e. Radioliten und Nerineenkalk der zuvor angedeuteten Natur; er stellt feste und mächtige Lager von grosser Aehnlichkeit mit oberen Jurakalk dar.

Im Allgemeinen hat man zeither unter Alaunstein *Alunit Beud.* immer solche grauliche poroese trachytische Gesteine verstanden, welche durch Einwirkung von schwefelsaueren Dämpfen mehr oder minder rein die chemischen Bestandtheile des Alaun in sich aufgenommen haben. Die kleinen Rhomboeder von 89° 10′ R. R. und 124° 40′ O. R. in der Endkante die sich in solchen zersetzten Trachytmassen auf Drusenräumen fanden, haben zur Aufstellung der Mineralspecies die Elemente gegeben; die ausgezeichneten und eigenthümlichen physikalischen Charaktere, mit welchen der Alunit als derbes Mineral in den Alaunsteinlager von Seglik auftritt entsprechen in der Hauptsache vollkommen dem Bilde welches Beudant in meisterhaften Zügen von dem Alunit und den *roches aluniféres* in Ungarn, *voyage minéralogiqes et géologique en Hongrie Tab. III* Pag. 450 entwirft.

Auf diese mineralogische Beschreibung des ganz mit dem Alunit von Seglik übereinstimmenden Minerals verweisend, bemerke ich über das Gesammterscheinen des letzteren auf seiner Lagerstätte mit Bezugnahme auf das Profil No. 2, dass das ganze Lager von 3 bis 4 Fuss Mächtigkeit aus amorpher Alunitsubstanz besteht; indessen ist dieselbe darin keineswegs durch eine vollkommen stetig ausgedehnte Masse von gleicher Modalität der Struktur vertreten. Theile der Substanz, welche dem reinsten Typus des Alunit entsprechen, haben sich vielmehr zu abgeplatteten nierenförmigen, länglich elipsoidischen Massen ausgeschieden, die nesterförmig neben und übereinander liegend, durch eine röthlich braune, mitunter etwas schiefrig sich ablösende Alaunsteinsubstanz von einander getrennt sind. Diese reinen Alunitmassen erscheinen im Durchschnitt des Lagers in helleren, bald fleischfarbenen, bald spargelgrünen und gelblichweissen Farbentönen von etwas dunkler gefärbten Zonen umgeben, die sich allmählich in das Innere der Masse verlaufen. Das ganze Erscheinen des Lagers erinnert im Profil an gefleckte marmorartige Conglomerate, von röthlichviolettem und braunem Bindemittel; lässt aber erkennen, dass keine klastische, sondern eine porodine Bildung vorliegt, welche nicht in Folge einer abnormen oder lokalen Metamorphose eines präexistirenden Gesteins entstanden sein kann, sondern auf dialytischem Wege vorgebildet, aus einem gallertartigen Zustande zur Erstarrung gelangt zu sein scheint. Während nach Anleitung des Profils No. 2 die bedeutendesten Massen von sphäroidischer Struktur, die zugleich den reinsten Alunit darstellen in der Mitte des Lagers die Zone *b* bilden, zeigt sich in den oberen und unteren Zonen *a* und *c* eine, mehr durch lagenweis abwechselnde Nüancen der Farbe ausgebildete Parallelstruktur derselben Substanz. Die chemische Untersuchung des Alaunit aus der Zone *b* welche Herr Dr. H. Struve in dem Laboratorio des Kaiserlichen Bergkorps unter seiner Leitung hat anstellen lassen, zeigt dass der Alunit von Seglik vollkommen dieselbe Zusammensetzung des Alaunsteins von Tolfa im Kirchenstaate besitzt, der von Cordier untersucht worden ist.

	Alunit von Seglik	*Alunit von Tolfa*
Schwefelsäure	38,93	34,495
Kieselerde	0,14	
Thonerde	37,58	39,654
Kali	9,00	10,021
Wasser	14,28	14,380 und Verlust
	99,93	99,50

Die übereinstimmenden Lagerungsverhältnisse unter wetchen sich der Alunit in Ungarn wie bei Tolfa im Kirchenstaate und auf Milo im griechischen Archipel stets in geognostischer Verbindung mit Trachyt- und Bimmsteinconglomerat findet, veranlassten Beudant die Entstehung des Minerals mit einer metamorphischen Zersetzung der Bimmsteinconglomerate und einem problematischen Process in Verbindung zu bringen[1]) der die Schwefelsäure in die Massen geführt haben soll. Die Bildung der letzteren auf hydrochemischen Wege scheint durch or-

1) l. c. Tome III. pag. 465.

ganische Einschlüsse welche in Ungarn in dieser Formation vorkommen ausser Zweifel gestellt zu sein. Die Lagerungsverhältnisse des Alunits von Seglik sind aber durchaus von den genannten verschieden. Das Mineral entwickelt sich lagerförmig unmittelbar über den dichten Kalken und steht in keiner geognostischen Verbindung mit Bimmstein oder Trachytconglomeraten, die auf der Nordseite des Goktschaigebirges nirgends vorkommen. Dagegen wird der Alunit überlagert von den psammitischen und pelitischen Produkten dynamisch und chemisch zerstörter Eruptivgebilde, welche in ihrem normalen Zustande als feste krystallinische Oligoklas, Hornblende und Labrador führende Gesteine und Amygdaloide bestimmten Eruptivzonen untergeordnet sind, die in der Richtung von SO-NW. den plateauartigen Gebirgsabhang durchsetzen. Das grosse Circusthal von Schamkor, dessen Längenachse rechtwinklich zur Kammlinie des Gebirges pag. 376 also von SW-NO. gerichtet ist, unterbricht die Fortsetzung der Kalk- und Alunit-Bildungen gegen NW. und bietet auf seinem tief eingesenkten Grunde ähnliche physikalisch-geognostische Erscheinungen dar, wie das Kesselthal von Okriba. Das Einfallen der Schichten im ganzen Umkreise des Thalrandes ist zur Längenachse des Circusthals antiklinal und gegen das Centralgebirge, also südwestlich gerichtet. Bei Seglik unten im Thal ist das Einfallen der Trümmerporphyrformation dagegen nordöstlich. Der Alunit von Seglik tritt in die Reihe derjenigen Bildungen, welche sehr wahrscheinlich durch vulkanische Emanationen vermittelt wurden, denjenigen vergleichbar die das Erscheinen der Ophite vom südwestlichen Europa an bis nach Armenien stets begleitet haben. Die bereits pag. 418 erwähnten Entdeckungen Daubrées haben auf Umstände aufmerksam gemacht, die den Weg andeuten auf welchem eine den geologischen Erscheinungen angemessene Erläuterung des Alunit bildenden Processes jedenfalls befriedigenderen Erfolg verheisst als die Erklärungen welche hydrochemische Aktion allein zu Rathe ziehen, ohne den pyrochemischen gleichzeitige Mitwirkung einzuräumen.

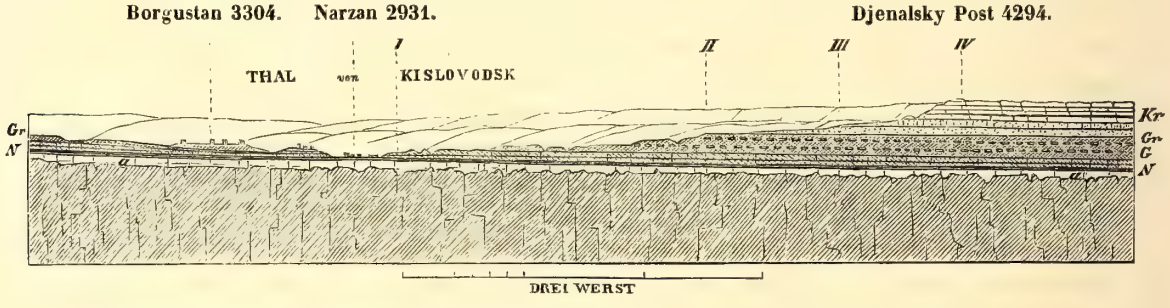
Der Alunit von Seglik liefert vermöge seiner grossen Reinheit den ausgezeichnetesten Alaun, der den römischen an Güte übertrifft, da das Alunitlager durchaus frei von Pyriten ist und das Fabrikat, selbst aus den Mutterlungen, völlig frei von Beimengung an Eisenoxyd-Salzen zu erhalten ist. Indessen werden die bedeutenden Vortheile welche das unerschöpfliche Alunitlager von Seglik in einer an Brennmaterial nicht armen Gebirgsgegend und in mässiger Entfernung von Hauptstrassen zu gewähren vermag, erst dann zur Geltung kommen können, wenn der in den Händen unwissender Armenier befindliche Betrieb eine rationelle Verbesserung erfahren wird.

Die Kreidebildungen im Kaukasus

sind hinsichtlich ihrer allgemeinen formellen und bathrologischen Verhältnisse auf beiden Seiten des Gebirges in dem Vorhergegangenen schon soweit berücksichtigt worden, um hier in kürzeren Zügen lokale paläontologische Charaktere der Hauptabtheilungen der Formation auf der nördlichen und auf der südlichen Seite des Gebirges bereits Gesagtem ergänzend anschliessen zu können. Erschöpfende Aufzählung der bis jetzt aufgefundenen und bestimmten Versteinerungen ohne kritische und beweisende Angaben, kann hier nicht beabsichtigt werden; auch

würde eine solche Aufzählung geologisch werthlos sein, wenn sie sich nicht mit einer geognostischen Analyse sämmtlicher Schichten und einer Parallelisirung derselben mit den Aequivalentbildungen anderer Länder verbindet. Eine solche Aufgabe kann nur in besonderer monographischer Arbeit auf Grnndlage vergleichender Profile gelöst werden, wofür zwar manche Vorarbeiten bereit liegen, aber noch Vieles zu thun übrig bleibt. Die geologische Untersuchung hat sich auf dem Nordabhange des Kaukasus vorerst mit der erlangten Gewissheit begnügen müssen, dass sowohl die beiden Hauptglieder der unteren Abtheilung der Kreideformation, das *Néocomien* und der untere Grünsand oder *Gault*, sowie die obere Abtheilung der Kreide vom Elburuz an, bis zum südöstlichen Ende des Gebirges in ausnehmender Mächtigkeit, allem Anschein nach, ohne Unterbrechung entwickelt sind. Das regelmässige und gegen Norden rückwärtsschreitende Stufen Verhältniss in der successiven Reihenfolge der Formationsglieder, welches in seiner Abhängigkeit von der geotektonischen Differenzirung der beiden Gebirgsseiten bereits erläuternd angedeutet worden ist, giebt für eine lokale Uebersicht sämmtlicher Glieder des Formations-Ganzen der Kreidebildungen auf den Abhängen der Massenerhebungen des Elburuz den zweckmässigsten Anknüpfungspunkt.

Einen solchen in das obere Flussthal des Podkumok bei Kislovodsk verlegend, lasse ich hier die Reihenfolge der Kreideglieder von Unten nach Oben, nach Anleitung des nachfolgenden Profils eine Stelle finden.



Eine schwer zu bestimmende Formationsgruppe von sehr bedeutender Mächtigkeit bildet die untere Abtheilung des *Néocomien*, deren Auflagerungsgränze auf die weissen Jurakalke durch die Thaleinschnitte der kleinen Flüsse Cosada und El-Kotschu nicht erreicht zu werden scheint.

Néocomien von *a* bis zur Stufe I.

a. Ein hellgrauer, bisweilen sandigkörniger, aber fester, zu architektonischen Zwecken viel benutzter Kalkstein, mit Ausscheidungen rindenförmiger Kalkspathmassen; in eigenthümlicher Weisse mit kleinen blasenartigen Pooren erfüllt, wie etwa ein Oolith erscheinen würde, dem die Substanz der rundlichen Körner entzogen worden. Kalkspatheinschlüsse von verschiedener Form und Grösse sind auf organische, schwierig zu deutende Formen zurückzuführen. In grosser Anzahl erscheinen die Höhlungen, welche Gasteropoden und Acephalen mit scharfen Abdrücken ihrer Form in dem Gesteine zurückgelassen haben. Die ersteren sämmtlich von mässiger Grösse oder sehr klein, könnten auf Nerineen und

Turritellen, oder auch auf Melanien bezogen werden; die Bivalven bestehen meistens aus sehr kleinen und zierlichen, concentrisch gerippten astartenartigen Formen von einigen Linien Grösse; auch haben wahrscheinliche Aequivalente dieser Bildungen, auf der Höhe von Bermamut in isolirten Blöcken gefunden, ziemlich grosse *Pteroceren* erkennen lassen. Die Eindrücke noch vieler anderen sehr kleinen, der Deutung sich widersetzenden Formen häufen sich mitunter so, das der ganze Stein aus solchen Resten bestanden zu haben scheint, deren Kalksubstanz verschwunden ist. Der so beschaffene Kalk-Stein wird durch Steinbrüche 80 — 100 Fuss tief aufgeschlossen.

b. Eisenreiche Kalke in welchem die vorgenannten Pooren mit Eisenocker ausgefüllt sind; von ziemlicher Festigkeit.

c. Gelbliche kalkige Mergelschichten, mit zwischenliegenden Kalklagen.

d. Dichte poorenfreie Kalkschichten mit ähnlichen aber sparsameren Einschlüssen wie in *a.*

e. Grünlichweisse Mergel mit kleinen Kalkflötzen wechselnd; wie in *d.*

f. Dichte, unreine, etwas eisenschüssige Kalkflötze, die mit bläulichgrauen harten Mergeln alterniren und die eigentliche Lagerstätte der reichen nun eintretenden unteren neocomen *Facies* darstellen. Für diese Schichten, welche im Flussbett des Cossada und El-Kotschu oberhalb der Festung gut entblösst sind, zeigen sich folgende Formen besonders charakteristisch. *Ostraea Couloni* d'Orb.. pl. 466—467, fg. 1—3, syn. mit *Exogyra subsinuata* Leym.[1]) pl. 12, fg. 3, 4, 6 und 7. — *Exogyra subplicata* Röm. Leym. pl. 11, fg. 4, 5, 6. — *Nautilus pseudoelegans* d'Orb. pl. 8, 9. — *Terebratula biplicata*, syn. *sella* d'Orb., pl. 510. fg. 6. — *T. tamarindus* Sow. d'Orb., pl. 505, fg. 1 bis 10. — *T. faba* Sow. d'Orb., 306 fig. 8 bis 12. — *Rhynchonella depressa* d'Orb., pl. 491, fig. 1—7. — *Cardium subhillanum* Leym. d'Orb., pl. 239, fg. 6, 8. — *Mytilus lineatus* syn. *sublineatus* d'Orb.. pl. 337, fig. 7 bis 9. — *Astarte neocomiensis* syn. *transversa* d'Orb., pl. 261. — *Lima tombeckiana* d'Orb., pl. 415, fg. 13 bis 17.

g. Gleich über thonigen Schichten auf *f.* zeigen sich oolitische krystallinische Kalke mit sehr kleinen undeutlichen Organismen.

h. Dichte eisenschüssige Korallenkalke mit Quarzsandkörnern; *Ceriopora. Entalophora* etc.

i. Ostraeenbank mit *Ostraea Leymerii* Desh. Leym. *l. c.*, pl. 12, fg. 4; d'Orb, pl. 469.

k. Dieselben Ostraeen im Kalk der viele Korallentrümmer aufnimmt; *Hinnites Leymerii* Desh. Leym. *l. c.*, pl. 14, fg. 1; d'Orb. 428. — *Gastrochoena dilatata* Leym.; d'Orb., pl. 375, fg. 1—4; Leym. pl. III, fg. 1, *a—b.*

l. Kalkige etwas sandige Mergel abwechselnd mit korallenführende Kalken mit abgerundeten Quarzkörnern. — *Ostraea Leymerii* Desh. wie in *i.*, in ganzen Bänken nebst — *O. aquila* d'Orb., pl. 470, — *Pholadomya*, — Breite *Gervillien* und *Trigonia*; wahrscheinlich *T. aliformis* d'Orb., pl. 395 in grossen Bruchstücken.

m. 4 bis 6 F. mächtige eisenreiche Oolithschichten mit kleinen Ostraeen und Exogyren. *E. harpa* d'Arch., Goldf. 87, fig. 7; eine andere sehr ähnlich mit *E. plicata*, d'Arch. Godlf. 87. fig. 5.

1) Mém. sur le terr. cretacé de l'Aube. Mém. de la societé géologique de France, Tome V. première partie. pag. 17.

Es bildet diese Schicht *m* eine sehr bestimmt marquirte Gränze, indem sie stufenartig mit der ganzen Formations-Abtheilung von *a.* an, isolirt hervortretend, die scharfen unteren Thalränder in dem Cosada und El-Kotschuthale bedingt. Alle unteren kleinen Plateauhöhen, die sich im Flussthale des Podkumok zu beiden Seiten isoliren, fallen in die obere Begränzungs-Ebene der Schicht *m.*

Unterer *Gault* von I bis zur Stufe II.

n. Mit dieser Schicht beginnt eine sehr mächtige Sandsteinformation mit zonenartigen, gelblichen, bräunlichen und dunkelrothen Färbungen. Die untersten Lagen bestehen aus lockerem Sand von neapelgelber Farbe, der in wahren glaukonitischen Grünsand übergeht ohne Versteinerungen. Zweigartig sich verästelnde, platte, in einer Ebene ausgebreitete Concretionen sind häufig.

o. Bildet die oberste Sandsteinschicht von eisenoxydrother Färbung; sie schliesst wenige aber sehr charakteristische Gaultversteinerungen ein; unter diesen *Ammonites fissicostatus* d'Orb. syn. *A. Dutempleanus,* d'Orb. pl. 77; *Toxoceras Emericianus* d'Orb., pl. 120, fig. 5 bis 9; *Heteroceras nov. sp.*[1]) Br.; *Arca valde affinis A. securis* d'Orb., pl. 309, fig. 9 bis 10; *Plicatula.*

Die ganze Mächtigkeit der beiden Schichten *n* und *o* beträgt nach barometrischer Messung 140 Fuss.

p. Unmittelbar über der als breite Terrasse an dem Abhange des Podkumok und El-Kotschuthales oberhalb Kislovodsk hervortretenden rothen Sandsteinschicht lagert die erste etwa $1\frac{1}{2}$ Fuss mächtige, kalkigsandige, dunkelgraue Schicht mit dem ganzen Reichthum von Fossilien, welche durch Dubois de Montperreux zuerst von Kislovodsk bekannt geworden sind: *Gervillia anceps* Desh. d'Orb., pl. 394, und Leym l. c., pl. 10, fig. 3, *a, b, c,* in sehr grossen Exemplaren bis 6 und 7 Zoll Länge — *Thetis major* Sow. d'Orb., pl. 387, fig. 8 — 10 — *Thetis minor* Sow. d'Orb., pl. 387, fig. 4 — 7, in sehr grosser Individuenanzahl, wie in Daghestan[2]) — *Cyprina rostrata* d'Orb. synonym *C. Bernensis* Leym, pl. 5, fig. 6, *a, b* — *Trigonia daedalea* Park. d'Orb., pl. 292 — *Venus ovalis* Sow., pl. 567, fig. 1, 2 — *Cardium Raulinianum* d'Orb., pl. 242, fig. 7 bis 10 — *Lingula Rauliniana* d'Orb., pl. 490 — *Toxoceras Royerianus* d'Orb., pl. 118, fig. 7 — *Exogyra sinuata* Leym syn. *Gryphaea latissima* Lam. — *Exogyra aquila* Goldf. Leym. l. c. Tab. 12, fig. 1, 2, 3, Goldf., pl. 87, fig. 5, *a, b* — *Trigonia aliformis* Parkinsoni d'Orb., pl. 291, fig. 1 — 3 — *Ammonites Milletianus* d'Orb., pl. 77 — *A. crassicostatus* d'Orb., pl. 59, fig. 1 — 4 — *A. Cornuelianus* d'Orb., pl. 112, fig. 1, 2 — *A. nodosocostatus* d'Orb., pl. 75, fig. 1 — 4 — *A. Velledae* Mich. synonym *A. alpinus* d'Orb., pl. 82 — *A. mamiltatus* Schlth. d'Orb., pl. 72 et 73 — *A. Deshaysii* Leym synonym *A. fissicostatus* Phill. Leym. l. c. Tab. 17. fig. 17. *a, b.*

---

1) Nach der Bestimmung des Herrn Professor Bronn in Heidelberg.

2) L. v. Buch. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Band III. pag. 19.

q. Sandstein von weisslicher Farbe; der Grünsandcharakter tritt zurück; in grösserer Höhe stellt sich mit zunehmendem Kalkgehalt des Sandsteins eine Schichtenlage von derben, sandigen Kalkconcretionen ein, welche folgende Versteinerungen einschliessen: *Cyprina rostrata* d'Orb. synonym *Cyprina Bernensis* Leym, s. Oben — *Pectunculus subconcentricus* Lam. d'Orb., pl. 306, fig. 12—19 — *Periploma simplex* d'Orb., pl. 372, fig. 5, 6 — *Cardium Raulinianum* vide oben sub *p* — *Venus Orbignyana* Forb. Quarterly journal, 1, pl. 2, fig. 5 — *Venus ovalis* Sow. d'Orb., pl. 386, fig. 6, 7 — *Pectunculus alternatus* d'Orb., pl. 306, fig. 7—11 — *Pecten Dutemplei* d'Orb., pl. 433, fig. 10—13 — *Mytilus lanceolatus* Sow. miner Conch., pl. 439, fig. 2 — *Pandora aequivalvis* Desh. Leym. Tab. 3, fig. 7, *a*, *b* — *Solen aequalis* d'Orb., pl. 350, fig. 5—7 — *Acropagia Rauliniana* d'Orb., pl. 378, fig. 7—10 — *Arca Cottaldina* d'Orb., pl. 313, fig. 7—9 — *Perna Renauxiana* d'Orb., pl. 330, fig. 4—6 — *Trigonia longa* Agass. d'Orb., pl. 285 — *Pholadomya Fabrina* Agass. d'Orb, pl. 363, fig. 6, 7 — *Tellina royana* d'Orb., pl. 380, fig. 9—11 — *Lucina pisum* Sow. Fitton trans. geol. soc. 4, pag. 241, pl. 16, fig. 14; d'Orb., pl. 281, fig. 3—5 — *Natica gaultina* d'Orb., pl. 173, fig. 3 — *Rostellaria macrostoma* Sow. Fitton transact. l. c., pl. 18, fig. 23 — *Serpula vermes* — *Gervillia anceps*, vollkommen übereinstimmend mit der *G. anceps* in der Schicht *p*, nur noch grössere Dimensionen. Die kalkigsandigen Concretionen von platter sphäroidischer Gestalt nehmen besonders in den oberen Regionen enorme Grössenverhältnisse an.

Von II. bis zur Stufe III. Oberer Grünsand.

r. Es folgen noch versteinerungsleere sandige Ablagerungen, wie in *q*, in welchen die Kalksubstanz dem ganzen Gesteine eine gewisse krystallinische Disposition mittheilt, die durch Lichtreflex bemerkbar wird. Diese Schichten gehen in ähnliche dunkelgraue, sandige Kalklager über, wie in *p*, die bei weitem ärmer an Fossilien sind. Unter diesen letzteren, die sich sämmtlich auf ein Gesteinslager von kaum einen halben Fuss Dicke beschränken, herrschen besonders Panopoeen vor: *Natica Dupinii* Leym; d'Orb., pl. 173, fig. 5 bis 6 — *N. gaultina* d'Orb., wie in *q*. — *Panopoea recta*? der Abbildung und Beschreibung bei d'Orb. pl. 356, fig. 1, 2 nur genährt. — *Hamites armatus* d'Orb., Tab. 135.

s. Eine Schicht, in welcher sich ohnstreitig die mächtigste Etage des Grünsandes entwickelt. Das durch viele Glaukonitkörner grünlich schimmernde sandige Terrain umhüllt auf das Neue enorme Blöcke eines kalkigen, groben Sandsteincaements von aschgrauer Farbe, welche Millionen von *Thetis major* neben untergeordneten schwer zu bestimmenden Pholadomyen einschliessen. *Gervillia anceps* wird nicht mehr gesehen. Dagegen zeigt sich *Ammonites Deshaysii* noch sparsam. Die Blöcke liegen mit der Richtung ihrer Längenachsen in einer gemeinsamen Ebene. Diese grosse Etage des oberen Grünsand mit den ihr zugehörigen concretionirten Lagern besitzt eine Mächtigkeit von 160 bis 180 Fuss. In ihren oberen Schichten sind Panopoeen, die der *Panopoea Roemeri* d'Orb. syn. *P. elon-*

gata Roem. Kreidegeb., pl. 10, fig. 5, sehr nahe kommen, und *Ammonites neocomiensis* d'Orb., pl. 59, fig. 8 die am meisten hervortretenden Formen.

t. Der Sand nimmt eine mehr thonige Beschaffenheit an. Die festen kalkigen Concretionen gewinnen sphäroidale Gestalt und sind von dunkelaschgrauer Farbe. Sie enthalten keine Versteinerungen, so wie denn nach der Panopoeen- und *Ammonites-neocomiensis*-Schicht organische Reste beinahe ganz zu verschwinden scheinen.

Die obere Abtheilung der Kreideformation von III. bis zur Stufe IV.

Auf solchen sandigen Ablagerungen haben sich nun keinesweges mit scharfer, mineralogischer und geognostischer Sonderung, sondern mit allmählicher Zunahme der Kalksubstanz in dem Sande bis zur Darstellung eines sandigen Kalksteins, die Schichten der oberen Kreideabtheilung mit einer absoluten Mächtigkeit von 750 bis 800 Fuss abgesetzt. Die untere Abtheilung dieser Formation wird aus einer zahllosen Menge von Kreidemergellagern mehr oder minder von Eisenoxyd gefärbt zusammengesetzt, die sehr arm an organischen Einschlüssen sind und die gewöhnlichen Feuersteinausscheidungen zeigen. Dass die Turonbildungen über dem Grünsande zum Niederschlag gelangten, ist bis jetzt durch keine organischen Einschlüsse bewiesen worden. Der ganze *habitus* der Formation ist der der reinen Senonbildung, und diesem Charakter entsprechen auch die wenigen Versteinerungen, die ich bis jetzt aus diesen Bildungen zwischen dem Kuban und der Malka habe erhalten können.

Inoceramus Cuvieri Goldf., Tab. 111, fig. *a*, *b*, *c* — *I. cordiformis* Goldf., Tab. 110, fig. 6, *a*, *b*, *c*, beide Arten zeigen sich in aussergewöhnlichen Grössenverhältnissen und füllen in der oberen Abtheilung der Formation ganze Schichten, welche das Flussbett des Podkumok, ohnweit der neuen steinernen Brücke, zwischen der Staniza und Essentuki blosslegt. Ferner *I. annulatus* Goldf., Tab. 110, fig. 7 und mehrere andere unbestimmbare, *I. Crispii* und *cordiformis* sich annähernde Arten. Unter den *Echinodermen* kann ich mit Sicherheit nur angeben *Galerites*, wahrscheinlich *albogalera* Lmk. Goldf., Tab. 40, fig. 19 und *Ananchites striata* Lmk. Goldf., Tab. 44, fig. 3, besonders erkennbar durch die Erhebungen auf der Mitte und an den Rändern der Felder, wodurch fühlbare Streifen entstehen. Dass der dunkle, marmorartige Kalk des Maschuka-gora bei Pätigorsk zu den Senonbildungen gehört, ist durch die grossen Inoceramen, wahrscheinlich *Cuvieri*, bewiesen, die sparsam darin vorkommen.

Die terrassenförmige Disposition, in welcher sich die sämmtlichen in dem Vorstehenden angegebenen Schichten der Kreideformation am Abhange der Elburuzerhebung nach Etagen gruppiren, begünstigte eine hypsometrische Bestimmung der relativen und absoluten Mächtigkeit dieser Etagen. Ich lasse hier das Resultat eines solchen Nivellements folgen, welches ich von dem Niveau der blauen néocomen Mergel *a.* im Cosadathale bei Kislovodsk unterhalb des Kreuzes an, bis zu dem djenalskischen Kosackenposten ausgeführt habe. Dieser Punkt auf dem scharfen Rande der obersten Kreidestufe IV. dominirt die steil gegen Süden abfallende Contrescarpe, deren Glacis sich in schwacher Neigung nach Norden abwärts senkt. Die Messung benutzte hier die folgenden vier natürlichen Stufen.

Die Stufe I. begreift in den Schichten von *l.* bis *m.*, das obere *Néocomien* mit einer Mächtigkeit von 244 engl. Fuss.

Die Stufe II. umfasst in den Schichten von *m.* bis *g.*, die untere Grünsand- oder *Gault*-Etage mit einer Mächtigkeit von 596 engl. Fuss.

Die Stufe III. deren vereinigte Schichten von *g.* bis *t.* als der obere Grünsand oder *Gault* zu betrachten sind, hat eine Mächtigkeit von 300 engl. Fuss.

Die Stufe IV. welche die gesammte Abtheilnng der weissen Kreide umfasst, hat eine Mächtigkeit von 800 engl. Fuss.

Hiernach würde die Gesammtmächtigkeit der Kreideformation bei Kislovodsk mit Ausschluss der unteren *Néocomien*-Abtheilung von nicht bekannter Stärke 1490 bis 2000 engl. Fuss betragen.

Die geognostischen Horizonte welche sich für die Hauptglieder der Kreideformation aus den regelmässigen Lagerungsverhältnissen bei Kislovodsk ergeben, erstrecken sich mit grosser Gleichförmigkeit in südöstlicher Richtung auf dem äusseren Gebirgsabhange und zwar immer in dem Zwischenraume fort, der die beiden kaukasischen Vorketten in der pag. 445 angegebenen Weise von einander trennt. Bei der verwickelten orographischen Gliederung welche hier mit den bedeutenden Dislocationen in Verbindung tritt, welche zum Theil Folgen der Steilstellung der secundären Formationen innerhalb dieses Gebietes sind, gewähren die Versteinerungen ein unschätzbares Mittel der Orientirung, zumal in den waldbedeckten Regionen. Vom Vereinigungspunkte des Tscherek mit dem Chulamfluss bis zum Uruch der aus Digori kömmt und dem Ar-Don wird die *Gault*zone mit ihren mächtigen sandig-thonigen Schichten durch gigantische Formen des *Nautilus elegans.* d'Orb. pl. 19, wie durch *Ammonites fissicostatus — A. crassicostatus — A. Beudanti. — A. Martini. — A. Velledae* angegeben. Am Uruch-Tschai in der Nähe der bedeutenden Trachytdurchbrüche des Syrchis-Zek, (rother Gipfel) finden sich Ammoniten der genannten Arten im lichtgrauen Thonmergel noch mit dem Perlmutterglanz ihrer Schaalen; im verkiesten Zustande erhielt ich dieselben Arten aus dem Seitenthale des Ar-Don, welches der Tamisky-Don durchfliesst. Eine sehr wichtige *Néocomien-Facies* zwischen dem Fiag- und Terek-Thale im Genal- und Gysal-Don-Thalgebiet bedarf hier noch einer besonderen Erwähnung.

Im Gysal-Don in der Nähe des ossetiner Auls Kuban wird der innere Raum des sehr weiten Hochthales 3713 Fuss über dem Meere von der *Néocomien*-Formation ausgefüllt, während die hohen Contreforts zwischen Gysal- und Genal-Don einerseits und des Tobau, zwischen Gysal- und Fiag-Don anderer Seits mit ihren bis zu 45° aufgerichteten Jura-Kalkschichten das Liegende oder Sohlgestein dieser Formation bilden, die von den spaltenartigen Schluchten durchschnitten wird, durch welche die äusseren Kreide-Thäler mit den inneren Schieferthälern des Hochgebirges communiciren. Ganz mit dem regelmässigen Streichen der Jura- und Kreidekalke von O. 10° S. dehnt sich die *Néocomien*-Mulde von hier ab östlich bis in das Land der Galatschi aus. Gegen Westen füllt das *Néocomien* bedeutend ansteigend den ganzen Zwischenraum zwischen dem Tobau und der Kreide-Vorkette Amuschtscha aus, und bildet ein mit *Azalea pon-*

tica bedecktes hügliches Gebiet. Von dem Passe ist der Blick zum Fiag-Donthale ein bald begränzter. Durch die hohen Felspartieen des weit gegen Norden hinausrückenden Systems des Kariu scheint das *Néocomien* aus seiner Richtung gedrängt und die beiden unteren Glieder der Kreideformation zeigen sich zusammengedrückt. Das Ansteigen der festen *Néocomien*-Kalke gegen den Tobau tritt hier scharf und plötzlich ein. Ganz verschieden von den Verhältnissen bei Kislovodsk werden die Glieder des *Néocomien* im Gysalthale von Unten nach Oben durch weiche, gelbliche Sandsteine gebildet, überlagert von einer bedeutenden Aufeinanderfolge von gelblichen, kalkigsandigen Schichten von 200 Fuss, dunkelgrauen Mergeln und Thonen von 90 — 100; Sandsteinen mit lichtgrauen Mergeln 70—90 und gelblich-kalkigen Sandsteinen von 20 Fuss. Eine dann eintretende Zone von 140 bis 160 Fuss vermittelt einen Uebergang aus der sandigen Abtheilung in eine kalkige. In dieser folgen eisenreiche, viele kleine Korallen einschliessende Kalkbänke, Serpulakalke, oolithische, sandige Kalke auf einander, die entschiedene Aequivalente der Etage I bei Kislovodsk sind; denn es finden sich in ihnen: grosse Schaalen von *Exogyra subsinuata* Leym. syn. *E. Couloni Auct. d'Orb.*, pl. 467, fig. 1—3, von 5 Zoll Durchmesser, ganze Schichten bildend — *Terebratula biplicata* am meisten mit der *T. Dutempleana* d'Orb., pl. 511, fig. 5 übereinstimmend — *T. nuciformis* Sow. var. von *T. plicatilis* — *T. Gibbsiana* Sow. und *T. pisum* Sow. Tab. 502, fig. 3; v. Buch, Zeitschrift der deutsch. geol. Ges. Bd. III. fig. 28. Die geologische Stellung dieser *Ter. nuciformis* ist übereinstimmend mit einer Schicht am Mont Salève bei Genf — *Cardium Cottaldinum* oder *C. Raulinianum* d'Orb., pl. 242; die feine Radialstreifung sehr deutlich — *Spondylus complanatus* d'Orb., pl. 451, fig. 7—10 — *Janira atava* d'Orb., pl. 442, fig. 1—5; stimmt vortrefflich mit der Beschreibung — *Venus*, wahrscheinlich *Rothomagensis* d'Orb., pl. 385, fig. 1—5 — *Avicula*, sehr ähnlich der *A. pectinata Sow.* d'Orb., pl. 391, fig. 1—3 — *Hinnites*, die Art nicht sicher zu bestimmen. Die Frage nach der Gränze zwischen Kreide und Jura bedarf in den Thählern des Gysal und Genal Don noch näherer Untersuchung. Die Deutung der zum Theil in dolomitischen Kalkstein eingeschlossenen, in Kalkspath verwandelten Reste, unter welchen nerineenartige Formen vorherrschen, aus den engen Thalschluchten ist zu unsicher. Möglich, dass dieser Dolomit ein Aequivalent des Kalksteins *a* bei Kislowodsk bildet. Besonders wichtig ist hier ein dichter, krystallinischer Kalk mit Crinoidenresten, die sehr an die pag. 458 besprochenen Formen erinnern; seine Stellung am Eingang zum engen Thalspalt, der nach Kakadur in 5323 enlg. F. absol. H. hinaufführt, ist unter dem neocomen Kalke und sandig-merglichen Schichten.

Die Verhältnisse der Kreideformation in der südöstlichen Hälfte des kaukasischen Gebirges in Daghestan betreffend, verweise ich auf Dasjenige was bereits in Verbindung mit der Kohlensandsteinformation über die Kreidebildungen, pag. 477, angegeben worden ist, vorzüglich aber auf die bereits mehrfach citirte Beschreibung, welche Hr. v. Buch über die Kreideversteinerungen aus Daghestan in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Bd. III, gegeben hat.

Ich bemerke hierbei, dass sehr wahrscheinliche Repräsentanten einer wirklich, durch Caprotinen charakterisirten Rudistenzone aus dem Schach-Daghgebirge, so wie aus südöstli-

cher Fortsetzung jener Formationen aus gleichen Kalken vorliegen, welche die *Nerinea nobilis* am Tschalbuz-Dagh einschliessen, die bereits Zeckeli[1]), pag. 33, von jenem Fundorte citirt hat.

b. Die Kreideformation auf dem Südabhange vom Kaukasus.

An bereits im Vorhergegangen Bemerktes erinnernd und insbesondere auf die in dem Profile pag. 466 dargestellten Verhältnisse zurückweisend, schliesse ich hier sogleich einige Angaben der Fossilien an, welche den Charakter der *Facien* zu erläutern haben, die in und über der, als erste Rudistenzone d'Orbignys auf dem citirten Profile angegebenen Schicht *h* in Imerethien und Mingrelien eine ausgedehnte Verbreitung besitzen.

Caprotina ammonia d'Orb. syn. *Chama ammonia* Goldf. d'Orb. pl. 572. Goldf. Tab. 138. fig. 8. in mässigen Grössenverhältnissen in dem hellgelblichen oder weissen äusserst dichten flachmuschligen oder splittrigen Kalk in Kalkspath verwandelt; durch Zersetzung des Gesteins nebst anderen begleitenden Fossilien an der Oberfläche oft in vielfach gewundenen Formen scharf hervortretend. In gleichen Schichten, die den Werth eines sehr bestimmt unterscheidenden Horizontes besitzen, kommen auch grosse Nerineen vor; im Allgemeinen in die Gruppe der untersten versteinerungsführenden Kalke auf der Südseite des Gebirges zu zählen. — *Terebratula tamarindus* Sow. d'Orb. pl. 505. fig. 1 bis 10. — *T. Mutoniana* d'Orb. pl. 510. fig. 1, 2, 3. — *T.* sehr nahe der *T. semistriata* d'Orb. pl. 508. fig. 11.

a. In Schichten die ich für unmittelbar den *Caprotina ammonia*-Kalken auflagernd oder denselben auch für äquivalent halte, kommen folgende Formen vor: *Ammonites cryptoceras* d'Orb. pl. 24. — *Crioceras Emerici* d'Orb. pl. 114. sehr zusammengedrückt; über den Caprotinen-Kalken bei Nikortsminda in Kalkschichten von weicher Beschaffenheit, die etwa 100 F. mächtig unmittelbar auf einen äusserst feinkörnigen Trümmersandstein abgelagert erscheinen, welcher die Charaktere des Grünsands besitzt. Bei Chotewi zeigt sich dieser Sandstein reich an abgerundeten Geschieben von Haselnussgrösse von grünlichen augitführenden Felsarten; diese Schichten fallen nördlich von dem Hochrücken gegen das Rionthal ein, während sie mit einem Streichen von N. 30° O. mit sanfter Neigung südlich von dem Hochrücken sich gegen Nikortsminda senken; es setzt mithin eine antiklinale Linie durch diese Bildungen. Den von d'Orbigny beschriebenen und abgebildeten Formen sind die folgenden Arten aus jenen Schichten bei Nikortsminda sehr ähnlich, ohne dass hiermit eine absolute Uebereinstimmung zugestanden werden kann. *Crioceras Duvallii* d'Orb. pl. 113. — *Cr. Villersianus* d'Orb. pl. 114. fig. 1, 2. — *C. Cornuelianus* d'Orb. pl. 115. fig. 1, 3.

b. In einem festen Kalk der ohnweit Kutais eine etwas jüngere Stellung als der Caprotinenkalk einnimmt zeigt sich die folgende Facies: *Ancyloceras Matheronianus* d'Orb., pl. 122, fig. 1 bis 4; die grösten Exemplare die gefunden wurden haben 270 mm. Länge sonst vollkommen übereinstimmend mit der Abbildung und Beschreibung — *A. Duvalianus* d'Orb., pl. 124, die grössten Exemplare messen 230 mm. Die grössten in Frankreich vorgekommenen Formen

1) Zeckeli. Abhandlungen des K. K. geologischen Reichsanstalt. Band. I. pag. 33.

hatten 240 mm. — *Crioceras* sehr nahe übereinstimmend mit *C. Astierianus* d'Orb., pl. 115; ein Bruchstück eines sehr deutlichen Steinkerns von sehr bedeutender Grösse. Die Lobenzeichnung sehr bestimmt; subcylindrische Windungen, convexe Form; sehr regelmässige Streifungen; Loben von gleichen Paaren gebildet. *Belemnites semicanaliculatus* Blv. d'Orb., pl. 5. fig. 10 bis 15. — *Ptychoceras Puzosianus* d'Orb., pl. 137, fig. 5 bis 7. — *Toxoceras Emericianus*; sehr wahrscheinlich; d'Orb. 120, fig. 5 bis 9. — *Exogyra sinuata* var. *latissima* syn. *Gryphaea latissima* Lam. Leym.[1]), pl. 12, fig. 1. — *Trebratula* n. sp. sehr verwandt mit *T. semistriata* Defr. d'Orb. pl. 508. fig. 1 bis 11. *T. biplicata* Defr. d'Orb. pl. fig. 9. — *Rhynchonella Lamarckiana* d'Orb.? syn. *Terebratula latissima, rostrata et scaldinensis; d'Archiac* d'Orb. pl. 496. fig. 5 bis 13. — *Ammonites Velledae Mich.* d'Ob. pl. 82. — *A. Castellanensis* d'Orb. pl. 25. fig. 3.? sehr genährt der Abbildung.

In Bezug auf bathrologische Stellung weniger sicher, aber jedenfalls über *a.* und *b.* gehörig sind: *A. Mantellii Sow.* d'Orb. 103 bis 104. — *Perna lanceolata Gein.* d'Orb 402. fig. 1 bis 3; sehr annähreud *Ostrea carinata Lam.* d'Orb. pl. 474. — *O. haliotidea* d'Orb. pl. 478. fig. 1 bis 4. — *Belemnitella mucronata* d'Orb. pl. 21, fig. 1 bis 6. — *Exogyra conica* Goldf, pl. 87. fig. 1. d'Orb. 479, fig. 1 bis 3. — *Holaster altus* Ag. Helv. III. 20. Taf. 17. fig. 2. — *Inoceramus regularis* d'Orb., pl. 410. syn. *J. Cripsii* Goldf., pl. 112. fig. 4. — *Micraster cor anguinum* Ag. Goldf., syn. *Spatangus cor testudinarium* Golf., Petref. I., Tab. 48. fig. 3.

Zu den obersten Gliedern der Kreideformation, welche einen Theil der niedrigen von tertiären Bildungen bedeckten Vorhügel zusammensetzen, die sich am Fusse des Gebirges von Abchasien bis nach Imerethien erstrecken ist ein sehr verbreiteter tufartiger, wenig fester Kalkstein zu rechnen, der eine ungewöhnliche Menge von roth, braun und gelb gefärbten Feuerstein-Concretionen in ganzen Blöcken einschliesst, welche durch Zerstörung des Kalkes isolirt am Fusse des Gebirges zu kleinen Hügelstrecken angehäuft gefunden werden. Die häufig geröthete Färbung dieser Kalke und das nicht seltene Miterscheinen sehr eisenoxydreicher Conglomerate, bei äusserst zerrütteten Lagerungsverhälnissen steht in Verbindung mit der Häufigkeit spaltenförmiger Durchbrüche von sehr basaltähnlichen Doleriten und Pyroxengesteinen, welche hier vorzugsweise der Richtung von Ost nach West gefolgt sind.

Die Verbreitung der Kreideformation mit allen hier angedeuteten *Facien* ist auf der Südseite des kaukasischen Gebirges keineswegs eine allgemein durchgehende. Soweit meine Erfahrungen bis jetzt reichen, bezeichnet das meskische Gebirge für die Kreideperiode eine sehr interessante Formations-Gränze. Die *Caprotina-ammonia* Kalke sind östlich von diesem eigentlichen Scheidegebirge zwischen Asien und Europa[1]) im Kaukasus noch nicht gefunden. Ob und welche Schichten auf der östlichen Kaukasusseite dem oberen kalkigen *Néocomien* der Westhälfte des Südabhanges entsprechen ist noch nicht mit Sicherheit ermittelt; ebensowenig genügen insbesondere die bis jetzt aus jenen Gebieten vorhandenen Versteinerungen aus cretensen Schichten, um die Gliederung der oberen Kreideabtheilung zu beurtheilen und namentlich eine Untersuchung zwischen Turon- und Senon-Gruppen durchzuführen. Durch sporadisch auf-

1) Bulletin de la Classe physico-mathém. Tome IX. pag. 35.

gefundene Nerineen- und Acteonellen-Reste hat die Theilnahme der Turonschichten an der Bildung der Vorberge des südöstlichen Kaukasus einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erhalten. Aus schon früher pag. 459 hervorgehobenen Gründen ist das Eindringen der Aequivalentschichten oberer Kreideglieder bis in das Mittelgebirge des Kaukasus auf seiner Südseite, wie überhaupt eine bedeutende Verbreitung dieser Bildungen daselbst, wenn gleich in sehr von dem gewöhnlichen *Habitus* der Kreide abweichender Weise zu erwarten. Die Untersuchung und Darstellung dieser Verhältnisse wird einen wesentlichen Abschnitt in demnächstiger ausführlicher geognostischer Schilderung des Kaukasus auszufüllen haben: noch bemerke ich, dass die Graniterhebungen des karthli-imerethinischen Gränzgebirges die Ablagerungen der unteren Kreidebildungen des heutigen pontischen Gebiets gegen Osten geologisch begränzt haben müssen, denn die Niederschläge des *Néocomien* und *Gault* sind in die Thäler der Westseite jenes Gränzgebirges eingedrungen und nur die Schichten der oberen Kreideabtheilung scheinen sich jenseits des Suram-Passes 2768 engl. F. über dem Meere, auch auf der Ostseite des meskischen Gebirges verbreitet zu haben.

Auf der karthalinischen Seite dieses flachen Gebirges beobachtete ich bei dem Dorfe Ali 2276 Fuss über dem Meere im Thale des Tscheretkeva, folgende *Facies* der oberen Kreide: *Ostraea carinata — Pecten orbicularis — Belemnitella mucronata — Pecten quinquecostatus — Exogyra haliotidea — Pholadomya* und *Spondylus, Inoceramus* etc. Das Thal des Tscheretkeva führt sogleich Mitten in das Granitgebirge; die Kreideschichten liegen in 2300 e. F. absol. H. unmittelbar auf demselben, ohne Zeichen irgend einer Alteration ihrer ursprünglichen Lagerungsverhältnisse. Das Urgebirge entwickelt hier zahlreiche Granitvarietäten die sich gegenseitig gangförmig durchsetzen. Die Kreide wird ihrer Seits von mitteltertiären Schichten überlagert. Auf der imerethinischen Gebirgsseite durchschneiden die ostwestlich gerichteten Thäler der Dziroula und Tschkerimela die gleichen Ablagerungen der oberen Kreideformation aber dort ruhen sie auf den Repräsentanten der unteren Kreide. Zwischen den Orten Baschlebi, Chunebi und Ubissi im Flussgebiet der Dziroula dehnen sich mächtige Kreidebildungen aus, die auf Caprotinenschichten mit *Caprotina ammonia* und wahrscheinlich mit *C. Lonsdali* lagern; zwischen Beligor 774 und Moliti 1394 e. F. über dem Meere im Tschkherimelathale, kommen mit den Senonbildungen auch Formen vor, die das *Néocomien* und den *Gault* daselbst wahrscheinlich machen. Die mit einem Stern bezeichneten Arten sind in der Nähe der Poststation Moliti gesammelt, die übrigen Arten dagegen zwischen Moliti und Scharopana. *Perna* von sehr grossen Dimensionen in ihren Bruchstücken nur auf *P. Muletti* Desh. zu deuten,* Leym. *l. c.*, pl. 11, fig. 1, 2. — *Exogyra sinuata* Leym. *var. Gryphaea Latissima** so wie Oben. — *Terebratula pisum, T. biplicata sella.** — *T. albensis* Leym., Tab. 15, fig. 2, 3. — *T. tamarindus** Sow. d'Orb., pl. 505, fig. 1 bis 10 nicht zu bezweifeln. — *T. diphyoides* d'Orb.,? pl. 509, wahrscheinlich nur eine Varietät dieser Form. — *T. decipiens*,* Dubois, Bull. géol. 1837, VIII. 385, ganz übereinstimmend mit *T. decipiens* aus dem Gault von St. Croix. — *Ostraea haliotidea* Sow., Goldf. 87,

1) Reuss. Versteinerungen des böhmischen Kreidegebirges.

fig. 1. — *O. hippopoduim Nils.* d'Orb., pl. 481, fig. 4 bis 6. — *O. flabelliformis Nils.* Reuss[1]) Tab. 28, fig. 5, 6, 7, 16. — *O. sulcata. Blumenb.* Reuss, Tab. 28, fig. 2, 3, 4, 8, sehr übereinstimmend. — *O. vesicularis* Lam. d'Orb., pl. 487. — *O. carinata* Lam. d'Orb., pl. 474. — *Janira quinquecostata* d'Orb., pl. 444, fig. 1 bis 5. — *Panopoea Prevostii** Desh. d'Orb., pl. 356, fig. 3 bis 4. — *Ammonites Decheni* Röm.[1]) pl. 13, fig. 1. — *Scaphites ornatus* Röm., l. c. pl. 13, fig. 8.

IV. Die Tertiärformation.

Als bleibendes Resultat der classischen Arbeiten wodurch Cuvier und Alexander Brongiart vor nunmehr 50 Jahren die Geognosie der Tertiärformation begründeten, indem sie die Ablagerungen studirten, welche im Bassin der Seine die Documente der Bildungsepoche einschliessen die der Kreideperiode folgte, bildet das Eintheilungsprincip der pariser Tertiärformation in die bekannten vier grossen Gruppen: I. unterer Meeressand, II. Grobkalk, III. mittlerer Meeressand, IV. Süsswasserkalk und Gyps noch immer die Grundlage des vergleichenden Studiums der Ablagerungen aus dieser Periode. Der grosse Fossilienreichthum der beiden mittleren Gruppen macht es möglich, den geoglogischen Horizont dieser Bildungen mit Sicherheit durch Parallesirung seiner Faunen aufzufinden: eine Aufgabe, welche für die Parallelen der oberen und unteren Süsswassergruppen viel schwieriger ist. Auf dem Wege dieser Vergleiche fand der Nachweis der unteren Tertiärformation von Seiten der Lagerungsverhältnisse, der Natur der Felsarten und der Fossilien in Europa nördlich von den Alpen wie auch im europäischen Russland keine besonderen Schwierigkeiten. Dagegen entbehrte die Basis der unteren Tertiärzeit der Gewissheit innerhalb einer breiten Zone welche sich von Spanien, den Pyrenäen an, über die zu beiden Seiten des Mittelmeeres gelegenen Länder nach Aegypten, Kleinasien, der Krimm, durch Persien, Ostindien bis nach China erstreckt. An die Stelle der normalen, vordereuropäischen unteren Tertiärformation, tritt in dem von dieser Zone eingeschlossenen Ländergebiet eine eigenthümliche Fauna auf, in welcher neben bekannten eocenen Mollusken des pariser Beckens sich viele, dem nordeuropäischen Typus zwar ähnliche, aber dennoch von ihr verschiedene Arten finden. Ganz vorzüglich aber wird diese Fauna durch das Genus *Nummulites* charakterisirt, welches derselben bis jetzt 52 Arten geliefert hat.[2]) Wenn diese Nummuliten-Fauna als Ganzes betrachtet wird, so zeigt sich dass alle Molluskenarten, welche sie mit den Schichten des tertiären Bassin der Seine gemein hat, vollkommen dem Horizonte des *calcaire grossier* und des *grès* oder der *sables moyens* entsprechen. Es steht fest, dass sowohl im nordöstlichen Europa, in Südfrankreich, in der Schweiz, im Vicentinischen, in Istrien, wie endlich auch auf dem südlichen Abhange des Hymalaja und im östlichen Ben-

1) Roemer. Versteinerungen des norddeutschen Kreidegebirges.

2) d'Archiac et Haimes. Déscription des animaux fossiles du grouppe nummulitique de l'Inde. pag. 72.

galen unter röthlichen und gelblichen Sandsteinen, Mergeln und compakten Kalksteinen mit Nummulitenarten die mit den europäischen identisch sind, Kohlen gefunden werden, die sehr der wirklichen Steinkohle gleichen können. Auch ist es bewiesen, das fast überall unter den Schichten, welche als Aequivalente des pariser Grobkalk die Nummuliten-Aera nach Unten absolut begränzen, Ablagerungen vorkommen, deren Fauna und Flora nöthigen, sie als tertiär zu betrachten. Man wird deshalb nicht fortfahren können, die Nummulitenformation wie bisher wohl geschehen mit der Eocen-Formation für synonym zu betrachten; diese letztere Formation begreift in einem viel weiteren Sinne sämmtliche Tertiärschichten, die dem ersten Erscheinen der Nummuliten vorangingen, wie diejenigen, die dem Verschwinden derselben bis zum Eintritt der mittleren Tertiärzeit folgten; Ablagerungen, die sehr wohl durch eigenthümliche Lokalfaunen charakterisirt sein können. Die asiatisch-mediterranee Nummulitengruppe somit als ein Glied der Eocen-Formation auf dem armenischen Hochlande in das Auge fassend, ist daran zu erinnern, dass sich vorzugsweisse innerhalb dieser Periode die sedimentären und eruptiven Thätigkeiten der Natur abwechselnd wiederholt haben. Das häufige Eingreifen vulkanischer Reaktionen in den Bildungsprocess der mächtigen Ablagerungen, welche in Armenien vermöge stratigraphischer Beziehungen zur unterliegenden weissen Kreide oder zu benachbarten Nummuliten führenden Schichten keinen Zweifel über ihre eocene Stellung zulassen, hat hinsichtlich der mineralogischen Natur der letzteren, zu ganz ähnlichen Resultaten geführt, wie sie bei Erwägung der lithologischen Eigenthümlichkeit der Glieder der unteren Abtheilung der Kreideformation bereits näher betrachtet worden sind. Unabhängig von den Anzeichen eines der Steinkohle ähnlichen Lignit der an vielen Orten Georgiens und Armeniens in gelblichen Sandsteinen wie in dunkelgefärbten Trümmerbildungen gröberer und feinerer Natur vorkommt, die Nummuliten wenn gleich auch nur sparsam einschliessen, sind es ganz besonders diese Glieder der unteren Abtheilung über welche sich hellergefärbte Sandsteine, Mergel und Kalke als obere Abtheilung der Nummulitengruppe abgelagert haben, welche Versteinerungen die dem pariser Grobkalk entsprechen nebst Nummuliten einschliessen. Die eruptiven Felsarten, welche an der Zusammensetzung der Nummuliten-Gesteine beider Abtheilungen Antheil nehmen, sind äusserst mannigfaltig. Zu diesen klastischen Bildungen haben vorzüglich beigetragen: die Durchbrüche von Hyperit- und Diabas-Varietäten, deren wesentliche Bestandtheile Pyroxen, Labrador, Oligoklas neben Beimengungen von Chlorit und Kalkspath sind, und die bald als Labrador und Oligoklasporphyre, bald als Diabas-Mandelsteine zu bezeichnen sein würden; hierzu gesellen sich Syenit- und Syenitporphyre mitunter aus grossen Feldspath-Oligoklas und Hornblendekrystallen zusammengesetzt; quarzige Trachytporphyre und quarzfreie Trachyte, von äusserst mannigfaltiger Zusammensetzung. Während thonige Oligoklasporphyre und chloritische Labradorgesteine, in Folge eines dynamischen und chemischen Zerstörungsprocesses ihrer Festigkeit beraubt, die wesentlichen Elemente zur Darstellung dunkler Sandsteine und schiefriger Mergel geliefert haben, welche im Wechsel mit lagerförmig ausgebreiteten krystallinischen Gesteine die Formation hauptsächlich zusammensetzen, treten die Amphibolite in Verbindung mit Gabbro, Serpentin und Diallage, vorzugsweise als Spaltenausfüllungen die ganze Formation durchsetzend

auf. Obschon in allen Theilen Armeniens verbreitet, ist das Ganze dieser Bildungen am Vollständigsten in dem trialethischen Gebirge im Salalakithale bei Tiflis, im Pambak, im Araxesthale bei Kulpi, Taf. VI. Prof. I. im Arpatschaithale im Daralagez, in den Thälern von Betschinach und Alindja-Tschai in der Umgebung von Nachitschewan, sowie im südöstlichen kara-baghischen Gebirge zwischen Ordubad und Nachitschewan zu studiren. Auf dasjenige verweisend, was in meiner Schrift über die geologische Stellung des Steinsalses im russischen Armenien p. 61 dieses Bandes der Memoiren hinsichtlich des Nummulitenterrain bereits mitgetheilt worden ist, beschränke ich mich an diesem Ort nur auf einige allgemeine Bemerkungen über die geologischen Verhältnisse der Tertiärformation in Armenien überhaupt, und verbinde damit die Angabe einiger lokalen Faunen aus beiden Abtheilungen der Formation.

Mit meinem ersten Eintritt in das Araxesgebiet des armenischen Hochlandes war mir die Constanz der discordirenden Lagerung aufgefallen, in welcher daselbst die Glieder der ältesten durch Nummuliten bezeichneten, tertiären Formation oder des *terrain suessonien* von d'Orbigny, bald auf den paläozoischen oder den Turonbildungen, bald unmittelbar auf den stark geneigten und sehr häufig dislocirten Schichten der oberen Kreide oder des *terrain sénonien* von d'Orbigny ruhen.

Die Vorstellung von einer sattgehabten durchgreifenden Veränderung des geologischen Niveau in Folge gewaltsamer Störungen zwischen dem Ende der Kreideperiode und dem Eintritte der ersten tertiären Bildungen, war ein natürliches Resultat dieser Wahrnehmungen und begründete schon 1845 meine sehr bestimmte Ansicht von der Nothwendigkeit, die nummulitenführenden Gesteine als völlig geologisch getrennt von der Kreideperiode zu betrachten. Die Nothwendigkeit einer solchen Trennung, welche an anderen Orten, wo die Lagerungsverhältnisse zwischen *Sénonien* und *Suessonien* übereinstimmen, induktiv aus der Divergenz der Faunen beider Epochen resultirt, war hier durch die Abweichung der Lagerungsverhältnisse direkt und positiv bewiesen. Die enorme Kluft, welche die Lebensbedingungen einer ganzen thierischen Schöpfung bis zum Verschwinden von 228 Geschlechtern abändert, die nicht aus der Kreidezeit in die Tertiärperiode hinübergehen, erscheint in ihrer ganzen Grösse durch die mit Eruptivbewegungen und Dislokationen verbundenen Erhebungen erläutert, welche im Gegensatze zu der Ruhe der obersten Kreideablagerung im Norden des Kaukasus, mit steigender Intensität in Armenien die Tertiärperiode hindurch periodisch fortsetzen. Die monumentale Reihe dieser Wirkungen beginnt zuerst: mit der Bildung und mächtigen Ablagerung abgerundeter Gerölle von Kalken, krystallinischen und psammitischen Gesteinen durch eisenreiche rothe Thone zu festen Conglomeraten verkittet; und erscheint endlich im stärksten Ausdruck in dem Verhältniss übergreifender Lagerung der ältesten Tertiärschichten auf den Senon-Bildungen. Das rothe Conglomerat hat hier eine ganz ähnliche geologische Bedeutung für die Nummuliten-Gesteine wie die Tourtia eine solche für die Kreide besitzt. Das Fortwirken solcher eruptiver Thätigkeiten auf engerem Raume erläutert in Armenien die merkwürdige Lokalisirung der *Facien* auf das Deutlichste. Durchaus verschieden von einander sind die *Facien* der nummulitenführenden Schichten auf der südlichen Araxesebene, im Innern des Daralagez, im Bassin von

Achalzik, im trialethischen Gebirge zwischen Manglis und Elisabeththal; je nachdem die Ablagerungen durch Spalteneruptionen mehr oder weniger influirt wurden. Die allgemeinen geognostischen Verhältnisse jener hellen marmorartigen Nummulitenkalke von Bajazid und in den Ketten von Luristan, in ihrer allmähligen Vertretung durch gelblich gefärbte sandige Kalksteine, röthliche Sandsteine und kalkige Mergel als fundamentale Bildung der Steinsalzmulden von Nachitschewan, Kulpi und Kagisman in dem grossen Flachthale des Araxes, sind in der genannten Schrift, pag. 64, 65 berührt und finden theilweise eine graphische Erläuterung in dem Profile IV. der Tab. VII. Insbesondere wird das discordirende Lagerungsverhältniss der Nummulitenkalke auf den Kreidemergeln bei Asna-Bert von jenem Durchschnitt getroffen. Die Fauna dieser Nummulitenkalke ist reich und die Arten des *genus nummulites* in denselben sehr zahlreich. Da eine genaue erschöpfende und vergleichende Untersuchung dieser Bildungen von grosser wissenschaftlicher Bedeutung und durch die vortrefflichen Arbeiten von Rütymeier, Léymerie, Bellardi wie durch das klassische Werk von *d'Archiac* und *Jules Haimes:* [1]) sehr erleichtert ist, so wage ich vor dem Abschlusse einer solchen Arbeit keine ausführlicheren Angaben, und nenne hier nur diejenigen Nummulitenarten, deren richtige Bestimmung theils durch gut erhaltene isolirte Exemplare, theils durch Anschliff und Politur der Kalke selbst begünstigt, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich hat. In Trümmer-Kalkschichten von Asna-Bert und im Nachitschewan-Tschai-Thale, im festen, gelblichen Kalk der Araxesenge bei Karmirwank und im kalkigen Sandstein im Araxesthale bei Djoulfi und Ordubad, vorzüglich charakterisirt durch *Ostrea gigantea*, grosse *Natica* und ein *Cerithium*, welches einige Aehnlichkeit mit dem *C. giganteum* des Pariser Beckens besitzt, kommen vor: *Nummulites complanata* Lam. — *N. crassa* Boubé; — *N. planulata* d'Orb. — *N. perforata* d'Orb. — *N. laevigata* Lam. — *N. Ramondi* Defr. — *N. globulus* Leym. — *N. intermedia?* d'Arch. Unter den Zoophyten sind die Genera *Trochocyathus* durch *T. multistriatus* Edw. et Haim., *Stylocoenia*, *Pachyseris* und *Astraea* vertreten. *Echinodermen*, besonders *Cidaris*-Reste sind zahlreich. Siehe pag. 12 und Tab. X. fig. 5 der vorhin citirten Abhandlung.

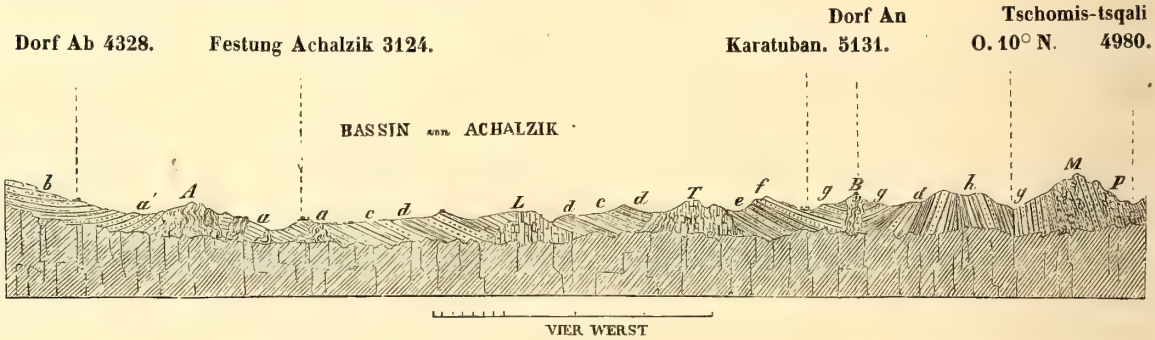
Die unreinen Trümmerkalke der Nummulitengruppe von krystallinischer Grundmasse und grünlich-grauen Färbungen, welche im Arpatschaithale mit den klastischen Bildungen eruptiver, theils trachytischer, theils amphibolitischer Natur, in geologische Verbindung treten, sind l. c., pag. 71 und 72 erwähnt worden. Neben dem vorherrschenden *Nummulites perforata* und mehreren anderen Arten desselben Genus zeigen sich in diesen Kalken besonders häufig *Orbituliten* und unter diesen die Arten: *O. discus* Rütim. — *O. patellaris* Rütim. — *O. sella* d'Archiac.

Die Fortsetzung der Formation der gelblichen Nummulitenkalke, Sandsteine und Mergel des Araxesthales wird in nordwestlicher Richtung durch die vulkanischen Hochebenen zwischen dem Alagez und Arpatschai, von Alexandropol, Tschildir und Akalkalaki in der Richtung der grossen, pag. 387 erörterten, meridianen Wasserscheide unterbrochen, und erscheint erst im Kurathale, zwischen Akalkalaki und Achalzik wieder, aber mit sehr abgeänderter *Facies*. Die

1) Animaux fossiles du terrain nummulitique de l'Inde. Paris. 1853.

Molluskenreste in den mehr sandigen, hellen Mergeln und Kalken sind sparsam; von *Nummulites* wird nur eine kleine Art bemerkt, welche mit der *Nummulina* Sow. syn. *Nummulites planulata* d'Orb. des Pariser Beckens Aehnlichkeit besitzt; auch ist *Operculina* zu erkennen.

Diese Ablagerungen gehören hier entschieden einer jüngeren Abtheilung der Formation an, indem sie die dunklen eruptiven Trümmer-Bildungen der trialethischen Ketten überlagern, die ihrerseits im Algethithale westlich von Tiflis übergreifend auf den Senonschichten ruhen, Das Bassin von Achalzik ist hauptsächlich von diesen Schichten der Nummuliten-Gruppe ausgefüllt. Der Einfluss, welchen die succesiven Durchbrüche von zeolithischen Mandelsteinen, Labrador- und Pyroxengesteinen, Trachyten auf die Entwicklung jenes lokalen Formationsganzen gehabt hat, ist mit grosser Klarheit in den geognostischen Verhältnissen zu erkennen, die sich von Achalzik in nördlicher Richtung bis zum imerethinischen Gränzgebirge auf die in dem folgenden Holzschnitte dargestellte Weise gestalten:



A. Augitporphyr in Verbindung mit dunkelbraunen thonigen Mandelsteinen mit Analzim, Stilbit und Kalkspath.

a. ein kalkreicher, gelblicher, lehmiger Sandstein mit festen concretionirten Kalklagen; sehr reich an alttertiären Fossilien Im Contakt mit dem Eruptivgestein von *A.* erscheint dieses Gestein in wackenartiges Trümmerconglomerat verwandelt, welches viele Versteinerungen einschliesst, und durch tuffartige, Kalksubstanz aufnehmende Uebergänge mit oberen lehmig-sandigen Schichten in Verbindung steht. Die Dislokationsrichtung und das Streichen dieser Schichten ist O. 10° S. Einfallen antiklinal, das Flussthal als Achse betrachtet.

b. kalkige Sandsteine im Wechsel mit sphärisch concretionirten kalkigen Steinmergeln und thonigen Sandsteinen.

c. schmutzig-grüne Thone mit vielem Gyps auf Klüften

d. graue, schiefrige Thone, *argiles feuilletées*, mit festen Thonmergeln; Streichen O. 10° S.

T. weisser Trachyt; scheint auf einen Durchbruch in der Richtung von SW. — NO. durch Dislocation der Nebengesteine in dieser Richtung zu deuten.

C. doleritartiges Labradorgestein; sehr veränderlich.

e. lehmige Sandsteine, von lehmigen Schichten und wirklichen lockeren Sandsteinen überlagert; mit einer Gesammtmächtigkeit von 150 Fuss, über Schichten von *d*; schliessen Fos-

silien ein, welche grösstentheils von denen aus *a* verschieden sind. Streichen dieser Schichten O.-W.

f. feines Trümmerconglomerat ohne Spur von vulkanischen Gesteinen, mit rostbraunen und gelben Mergeln wechselnd; Zwischenlager von Sandstein schliessen kleine Mactren oder Cyrenen in grosser Menge ein.

g. klastische Schichten von doleritischen und basaltischen Eruptivgesteinen.

h. thonige Schiefer mit thonigen Kalken, in welchen sehr sparsam verbreitete Cardien vorkommen. Streichen O. 10° N.

M. Saalbandartiges Nebengestein der mandelsteinartigen Labrador-Felsart *P*; durchaus pechsteinartig mit hellgrünen, kieselreichen Einschlüssen, welche eben so wie es bei Mandelsteinen der Fall ist, bald nesterartig, bald gangartig, immer aber in langgezogenen hier beinahe senkrechten Mandeln und Schnüren das Gestein durchziehen. Das Eruptivgestein durchsetzt das Gebirge in der Richtung O. 30° N.

Neben der Hauptrichtung von O. — W., welche die Dislokationen des in dem Profile entblössten Formationsganzen beherrscht, ist das Einwirken einer zweiten Erhebung unverkennbar, welche von SW. — NO. eintrat und allem Anschein nach die spätere war.

Unter den in dem Schichtenverbande von *a* gefundenen Fossilien entspricht, dem auf Ansicht der Abbildungen gestützten Urtheile des Herrn Deshayes zu Folge, eine grosse Anzahl den Fossilien des Pariser Beckens aus den Schichten von *Grignon;* dagegen sind neben manchen neuen Formen unverkennbar auch solche, deren Aequivalente in den verschiedenen localen *Facien* der Nummulitengruppe, theils in den Pyrenäen, theils in Oberitalien und theils in der Hala-Kette in Indien vorkommen. Dasselbe gilt auch von den Fossilien, welche die Schicht *e.* einschliesst. Mit Rücksicht auf die grosse Wichtigkeit des Gegenstandes beschränke ich mich in diesen andeutenden Grundzügen der kaukasischen Formationen nur auf die Angaben einiger wenigen Repräsentanten der ausnehmend reichen *Facies* des Beckens von Achalzik, deren vollständige Beschreibung einer besonderen Monographie der Fossilien der Nummuliten-Gruppe im Kaukasus vorbehalten bleibt.

In den unteren Schichten von *a* ganze Bänke der *Ostraea gigantea* Brander; *latissima* Desh.; in gleichem Niveau: — *Nummulites*; der *Nummulina elegans* Sow., od. *N. levigata* Lam.; sehr ähnlich. — *Crassatella tumida* Lam.; syn. *C. ponderosa* Nyst; füllt gleichfalls ganze Bänke mit Individuen von 10 bis 12 Centim Länge aus; nahe bei der Brücke die von der Festung nach Suplis führt. — *Natica sigaretina* Desh. — *Lucina pseudoargus* d'Orb.; vollkommen mit der Beschreibung und Abbildung der L. pseudoargus aus der Hala-Kette, in *Animaux fossiles de l'Inde von d'Archiac*, pag. 239, Tab. XVII, fig. 2, 3, 4, übereinstimmend — *Citherea Lamarckii* Desh., — *Panopoea*, der *intermedia* Sow. sehr nahe kommend; ausserordentlich zahlreich und in grossen Dimensionen. — *Turritella imbricataria* Lam. — *T. edita* Sow., vielleicht nur eine Varietät der *T. striata.* — *T. Renevieri* d'Arch. — *Operculina canalifera*? d'Arch., Nautilus von 145 millim. Durchmesser, nicht bestimmbar. Mit Uebergehung aller übriger Fossilien welche mit den genannten zusammen in der Schichten *a.* vorkommen, und wovon die Mehrzahl

mit gleichen Arten von *Grignon* übereinzustimmen scheint, nenne ich hier noch die Arten welche in der Schicht *e.* lokal gehäuft sind, deren *Facies* so auffallend von der in *a.* verschieden ist.

Pectunculus terebratularis Desh., in grosser Anzahl und von den verschiedensten Grössenverhältnissen 20 bis 50 millim. Länge. — *Cerithium plicatum* Grat. *subplicatum* d'Orb.? sehr veränderlich. — *Cerithium Cordieri* Desh., in grosser Häufigkeit. — *Cyrena* nov. spec., sehr häufig von 40 bis 45 mm. Länge. Viele Naticen; darunter neue Arten.

Die kleinen *cyrenen*artigen Bivalven von 5 bis 6 mm. Länge aus der Schicht *f.* wie die *Cardien* aus *h.* müssen für jetzt noch unbestimmt bleiben.

Die eocenen Schichten des Becken von Achalzik, die den Eruptivgesteinen in *A.* am nächsten liegen, nehmen immer deutlicher den Charakter von Trümmersandsteinen und feinen sandigen Mergeln an, deren Elemente die polygenen Bruchstücke jener Gesteine bilden, welche das nahe Eruptivgebirge zusammensetzen. Nur die Elemente jener sonderbaren Pechstein — Saalbänder *M.* mit grünen Kieselconcretionen die mit den Labradorporphyren in *P.* zusammen erscheinen, werden in diesen Sandsteinen nicht gefunden. Sehr wahrscheinlich durchbrach am Schlusse der eocenen Periode eine südwestlich gerichtete Spalteneruption die sämmtlichen Bildungen von *a* bis *h* bald darauf, nachdem andere gangartige Durchbrüche von Labrador- und Doleritgesteinen in parallelen Richtungen von O-W. innerhalb des ganzen Gebietes und weiter über dasselbe hinaus Statt gefunden hatten. Die constante Steilstellung aller Trümmerschichten längs des Nordrandes des achalzikschen Bassin ist eine nicht minder denkwürdige Erscheinung. Das Ineinandergreifen von zwei verschiedenen Erhebungsrichtungen O.-W. und SW.-NO., welches hier in so deutlicher Beziehung zu der Begränzung einer sehr bestimmten und lokalen eocenen *Facies* tritt, wie sie weder in Georgien noch Armenien wiederkehrt, ist in dieser Region und an dieser Stelle um so bedeutungsvoller als die nordöstliche Erhebungslinie mit der Längenachse der Bardjomthalschlucht zusammenfällt und ganz ähnliche Erscheinungen in der Enge von Mtzkhétha an der zweiten Durchbruchsstelle des Kur auf ein und derselben ostwestlichen Erhebungslinie vorkommen. Im Bardjomthale sind die Schichtenaufrichtungen in O. 40 bis 45° N. im Wechsel mit O. 10° S. häufig aber zwischen Mtzkhétha und Tiflis durchlaufen sie alle Grade von O. 20° bis 55° N. Der Burgberg von Atsqour am Eingange zur Bardjomschlucht ist nur der stehengebliebene Rest eines jener halb gang- halb lagerförmigen Formations-Ganzen grober Eruptivconglomerate von abgerundeter und eckiger Beschaffenheit wie sie im Bardjomthale selbst in enormer Anhäufung als jüngere Bildung vorkommen. Das *Massif* des Eruptivgesteins ist gewissermasen eingekeilt in einen regelmässigen Schichtenverband älterer Trümmersandsteine. Das Dorf Atsqour selbst liegt auf dem südlich einfallenden Abhange des Burgberges auf grünlichen feinkörnigen Trümmersandsteinen eruptiver augitischer Labradorporphyre; gewaltige abgerundete Trümmer der letzteren bedecken den Rücken. Auf der anderen Seite des Flusses zeigen sich unter denselben Conglomeraten die nördlich einfallenden gleichen Sandsteinschichten. Offenbar haben die Wasser des Bassin von Achalzik eine von SW.-NO. sich öffnende Spaltung benutzt um quer durch das trialethische Gebirge abzufliessen,

Eine andere durchaus nur lokale *Nummuliten-Facies* beobachtete ich in der Nähe der deutschen Colonie Elisabetthal, im Inneren einer der schönen Comben, welche das trialethische Gebirge, westlich von Tiflis in der Richtung von O.-W. durchziehen und seinen inneren Bau bloslegen. Das Thal des Asoureth, welches von Elisabetthal als Querspalt in eine solche Combe führt, durchschneidet zuerst eine mächtige Formation von hellen klastischen Gesteinen, die theils aus gelblichen Mergeln, theils aus Sandsteinen und thonigen Conglomeraten bestehen, und durch die wenn gleich sparsam in ihnen verbreiteten Nummuliten zeigen, dass sie zu dem Formations-Ganzen dieser Gruppe gehören, deren ältere dunkle Trümmerschichten mit dem tieferen Eindringen in das Gebirge sichtbar werden. In dem Maasse als in diesen Gesteinen die eruptive Natur ihrer Bestandtheile überwiegend wird, treten die organischen Einschlüsse, vegetabilische Reste ausgenommen, völlig zurück. Alle Gesteine gehen dann in die unmittelbaren Produkte der oft angedeuteten Spalteneruptionen über. Ein sehr merkwürdiges Zwischenlager von abgerundeten Trümmern der mannigfaltigsten Eruptivgesteine, hauptsächlich von Porphyren, Trachyten und Doleriten zusammengesetzt, von 150 bis 200 Fuss Mächtigkeit, bildet hier eine sehr deutliche Gränze zwischen den unteren eruptiven Trümmergesteinen und den oberen hellen Sandsteinen und hellgelben festen oft kalkigen Mergeln, welche die jüngsten Glieder der Gruppe bilden und, die dunklen Gesteinen zurücklassend, sich mit sanft geneigten Abhängen weit in die benachbarten Ebenen ausdehnen. Der Eintritt dieser aussergewöhnlichen Conglomerate scheint jedenfalls eine Epoche von allgemeiner Bedeutung in der Entwickelungsgeschichte dieser älteren tertiären Ablagerungen bezeichnet zu haben. Die obere Abtheilung der grösstentheils aus zerstörten Feldspath- und Oligoklas-Gesteinen entstandenen thonigen Sandsteine zeichnet sich besonders durch das Vorkommen von verkieselten Hölzern und verkohlten Pflanzenresten in den letzteren aus. Diese Bildungen sind es vorzüglich, welche durch zahlreiche Anzeichen von nesterförmigen sporadisch in ihnen zerstreuten Kohlenablagerungen der Vorstellung einer weit verbreiteten Kohlenformation in den Umgebungen von Tiflis dauernd rege erhalten, so wenig günstig auch die Resultate aufmerksamer Nachforschungen der Richtigkeit dieser Voraussetzung bis jetzt gewesen sind. Da in dieser Sandsteinformation von eocenen Alter möglicher Weise eingeschlossene zusammenhängende Kohlenlager von einiger Bedeutung durch keine der vorhandenen Thalbildungen blossgelegt werden und oft angestellte Schürfe dergleichen auch nicht erreicht haben, so ist die positive Erledigung dieser Frage von ökonomisch wichtiger Bedeutung nur von systematisch zu verfolgenden Bohrungen zu erwarten. In dem Thale von Asoureth tritt nun ganz unerwartet unter Gesteinen des angedeuteten Charakters eine unzusammenhängende Schicht von bräunlich grauen sehr unreinen und sandigen Kalksteinen auf, die sich geognostisch unmittelbar den erwähnten Conglomeraten unterordnet; das thierisch organische Leben, welches von dem Bildungsprocesse der Gesteine, die das Gebirge von der Kreide an zusammensetzen, feindlich abgestossen zu sein scheint, ist in dieser Kalkschicht von geringer Mächtigkeit in ausserordentlich zahlreicher Weise zusammengedrängt. Eine bedeutende Anzahl von Nummuliten-Specien, unter welchen die Mehrzahl der bereits für Armenien angegebenen sich befindet, erscheint hier zusammen mit vielen Gasteropoden und Acephalen von bedeutenden Grössenver-

hältnissen, unter welchen die *Genera: Natica, Turritella, Melania, Voluta, Trochus, Pyrula, Pectunculus, Spondylus, Pecten, Lucina, Venus, Cardium* etc. durch Arten vertreten sind, die zum Theil mit denjenigen aus der Schicht *a* des Bassin von Achalzik übereinzustimmen scheinen; namentlich ist dies der Fall mit *Melania*, die ich der *M. costellata* zuschreibe, *Pyrula*, die mir *condita* zu sein scheint; *Spondylus*, der dem *subspinosus* und *Pectunculus*, der dem *angusticotatus Desh.* gleicht. Spätere Untersuchungen zeigten mir, dass die vorerwähnten Conglomerate einem weit verbreiteten geognostischen Horizonte angehören, dem auch zugleich die grauen Nummulitenkalke untergeordnet sind. Indessen ist es mir nicht gelungen eine zusammenhängende Schicht dieser Kalkbildungen aufzufinden. Wo Geröll-Lager die Nähe der Conglomerate andeuteten waren die Nummulitenkalke auch, aber nur als Trümmer vertreten. Möglich also und wahrscheinlich, dass sie von ursprünglicher Lagerstätte entfernt worden, gewiss aber dass ihre Bildung vor der Catastrophe Statt fand, welche die Conglomerate erzeugte und aufeinander häufte.

Die Nummuliten-Formation im Kaukasus.

Dass die Gesteine der Nummuliten-Gruppe und die nicht Nummuliten einschliessenden sedimentären eocenen-Bildungen auf dem südlichen Abhange des Kaukasus vertreten sind, ist durch zahlreiche Beobachtungen erwiesen, die ich von Letschkhoum durch Imerethien bis an die Flussthäler des Alassan und des Jora in östlicher Richtung gemacht habe. Aufmerksamen Nachforschuugen ungeachtet, gelang es mir nicht gleiche Beweise für die Entwickelung der Nummuliten-Gruppe in der südöstlichen Kaukasus-Hälfte zu erhalten. Jedenfalls ist die Zone, welche jene Bildungen zwischen den genannten Gränzen einnehmen, weder eine regelmässige noch zusammenhängende, darum erhielt auch das Auffinden derselben an mehreren Stellen des Gebirges den Werth einer unerwarteten Entdeckung. Sehr bemerkenswerth ist es, dass das meskische Gebirge auch hier wieder für den Kaukasus die Verbreitung der Nummuliten-Formation gegen Osten in ähnlicher Weise begränzt, wie sich dies so entschieden in Bezug auf die Kreideformation gezeigt hat. Die Nummuliten-*Facien*, wie ich sie zuerst in den oberen Thalstufen der Jora und Alassan, bei dem Uebersteigen der Wasserscheide zwischen den genannten Flüssen und dem Flussgebiet des Aragwi in schwacher Vertretung erkannte, so wie die welche in den ostwestlich gerichteten Vorbergen Ossetiens im Flussgebiet der beiden Liakhwi eine bedeutende und selbst orographisch hervortretende Entwicklung gewinnen, tragen das entschiedene Gepräge ihrer armenisch-georgischen Aequivalente. Der unreine dunkelgraue Kalk mit vielen Nummuliten und grossen Bivalven aus Ossetien erinnert an die Nummulitenkalke bei Elisabetthal; dagegen stehen dunkle, nur Orbituliten einschliessende thonigkalkige Gesteine, die ich auf der Ostseite der Wasserscheide des Kur und Rion im oberen Pazzathale und bei Yerzo fand, ebenso isolirt wie braungelbliche Orbituliten-Sandsteine am nördlichen Saume der trialethischen Ketten bei Gori. Mit der physiognomischen Aehnlichkeit, welche die ganze alpine Kalkzone der Südseite des Kaukasus westlich vom meskischen Gebirge mit der Mittelzone und nördlichen Nebenzone der Ostalpen annimmt, verbindet sich eine überraschende Aehnlichkeit in den biologischen Characteren der Formationen bei grossen lithologischen Verschiedenheiten. Die Klarheit und

Ruhe, womit die geognostischen Verhältnisse im Flussgebiete des Tzkhenis-Tsqal in dem weiten Querthale von Letschkhoum mit besonderer Vollständigkeit hervortreten, contrastiren überaus scharf mit den chaotisch zerrütteten Gebirgs-Verhältnissen der Alpen. Aequivalente derselben Formationsglieder der Kreide und der tertiären Zeit, so weit sie vom *Néocomien* bis zur Molasse in den Thälern der Iller und der Salzach an dem im höchsten Grade gestörten Gebirgsbaue jenes Theiles der Alpen Theil nehmen, bilden auch die Gebirge welche Letschkhoum einschliessen. Die vortrefflichen Profile, welche v. Hauer gegeben hat, zeigen auf p. 120, T. I, Geologie der Schweiz von Studer, die geognostische Aufeinanderfolge des *Néocomien i*, des *Gault l*, des Rudistenkalkes *k*, der Kreide *m* und der Nummuliten-Formation *n*, wie diejenige der Molasse *q*, wenngleich auf das Stärkste zusammengeworfen. Die Aequivalente von *k*, *m*, *n* und *q* mit entsprechenden *Facien* in den Ostalpen finden sich in Letschkhoum in regelmässiger Ueberlagerung mit einem gemeinsamen Einfallen gegen das Hauptgebirge und senken sich in dem breiten Zwischenraume des ostwestlich gerichteten Schiefergebirges und der südlichen demselben parallel liegenden Tafelzone des alpinen Kalkgebirges zur Tiefe des grossen Tertiär-Bassins des Tzkhenis-tsqal hinab. Scharf abgebrochen am nördlichen Rande des Beckens zeigt sich dieses regelmässige Schichtenverhältniss. Die Molassenschichten bei Orbeli sinken unter die steil gegen Süden einstürtzenden Kreide- und Nummulitenkalke ein. Das Profil der pag. 466 lässt diese Auflagerungsverhältnisse so weit sie sich am Qwamli zeigen deutlich erkennen. Auf den Dolomiten des Qwamli, den Aequivalenten des Kalkes der ersten Rudistenzone des Nakerala, lagern zoophytenreiche Kalkschichten *i*, die ich für Senon halte; unmittelbar über denselben folgen zwischen den Orten Nakuralesch und Agwi nummulitenführende Kalksteine *k*, über welche sich graue, thonige Mergel- und Sandschichten als das Liegende mitteltertiärer, heller, schiefriger Thone und versteinerungsreicher Molassensandsteine einstellen, welche das Innere des Thalbekkens zwischen Muri und Orbeli mit Schichten von sehr bedeutender Mächtigkeit ausfüllen. — Die *Facies* der Nummulitenkalke, wie sie sich an der so eben erwähnten Bruchstelle bei Orbeli befindet, wo die Wirkung der Einsenkung, welche die gesammte Formationsgruppe von *h* bis *l* längs des Dolomitsaumes der Schieferkette nach Ablagerung der Molassenschichten erfahren hat, mit grosser Deutlichkeit erkennen lässt, ist die folgende. In einem von Glaukonitkörnern mehr oder minder gefärbten, theils festen und grobsplittrigen, theils gelblichen, etwas thonigen und dann weing harten Kalkstein finden sich: *Terebratula*, die so sehr alle Kennzeichen der *semiglobosa* besitzt, dass sie nicht davon getrennt werden kann. — *Terebratula* von grosser Aehnlichkeit mit der *T. numismalis* des Lias — *T. carnea* — der ächten *carnea* der verschiedensten Fundorte entsprechend. — *Ostraea* sehr ähnlich der *O. vesicularis*, *Orbitulites parmula* Rüttm. syn. *papyracea* d'Arch.[1]), pl. VIII, fig. 13 — *O. patellaris* Rüttm. syn. *O. radians* — *O. Fortisii* d'Arch., pl. VIII. fig. 10 bis 12 — *O. sella* d'Arch., pl. VIII, fig. 16 — *Nummulites Murchisonii Brun.* Rütim.[2]) Tab. IV, fig. 52 bis 55; gewinnt eine Breite von

1) Mémoires de la societé géolog. de France. 2me Série. Tome III. Déscription des fossiles du groupe nummulitique des environs de Bayonne et de Dax par d'Archiac. pag. 397 planches 8 bis 18.

2) Ueber das schweizerische Nummulitengebirge. Bern. 1850. pag. 96.

25 mm. ungemein häufig; die Kammern oft mit Grünerdesubstanz ausgefüllt — *N. Ramondi* Defr.[1]) pl. VII, fig. 13, pag. 128, sehr wahrscheinlich. — *N. intermedia* d'Arch., pl. IX, fig. 23, 24. Es scheinen noch mehrere kleine Arten vorhanden zu sein, die ich für jetzt übergehe — *Cancer Desmarestii* Münst. syn. *C. hispidiformis* Quenst., in vollkommener Uebereinstimmung mit den Exemplaren desselben Fossils von Kressenberg. Breite des Cephalothorax 65, Höhe 55 mm.; mit gut erhaltenen Scheeren. Die Uebereinstimmung der Nummuliten-*facies* von Orbeli mit der von Sonthofen und Kressenberg erstreckt sich auch in mineralogischer Beziehung bis auf das grüne Eisensilikat, welches in Lestschkhoum dem Nummulitenkalke beigemengt ist, während dasselbe im Illerthale einen dem unteren Grünsand sehr ähnlichen Sandstein bedingt und sich dort mit oolithischem Rotheisenstein verbindet. Mit Rücksicht auf die in dem Vorhergegangenen gegebenen Beweise einer überraschenden Uebereinstimmung der physikalischen Bedingungen unter welchen zur Zeit der Nummulitenperiode die Regionen sich befunden haben müssen, welche heut von den baierschen Alpen und dem südwestlichen Kaukasus eingenommen werden, ist das Fehlen aller Repräsentanten der Nummulitenformation auf dem Nordabhange des Kaukasus eine durchaus und um so weniger zu erwartende Thatsache als die durch Dubois de Montperreux gegebenen Andeutungen die Vorstellung von einer regelmässigen Ueberlagerung der Nummulitenkalke auf der Kreide wie sie die Nordseite der Krimm darstellt, nur allzugeläufig für die Nordseite des Kaukasus gemacht haben. Ueberrascht, die negativen Beweise gegen jene Ansicht sich überall vermehren zu sehen, wo meine Untersuchung mit sicherer Erwartung auf das Erscheinen der Nummulitenformation auf dem nördlichen Abhange des Gebirges anknüpfte, wagte ich den Glauben an dieselbe doch nicht eher aufzugeben, als eine genaue Durchforschung in den Umgebungen des Elburuz bis Pätigorsk, in welche Dubois die Nummuliten-Bildungen mit Bestimmtheit verlegt, mir keinen Zweifel mehr lassen konnte, dass der ausgezeichnete sonst so präcise Forscher aus Mangel an Zeit und vielleicht durch trügerische Anzeichen der Foraminiferenschichten aus sehr junger Tertiärzeit auf der rechten Podkumokseite, Pätigorsk gegenüber, getäuscht, sich hier geirrt haben muss. Mir wenigstens ist es nicht gelungen weder im Norden des Elburuz, noch am ganzen Abhange des Gebirges hinunter bis zum kaspischen Meere, so weit die Untersuchung möglich war, irgend welche Schichten über der Kreide mit Foraminiferen aus dem *genus Nummulites* aufzufinden.

Da ich auch, in keinem einzigen, der aus den inneren unzugänglichen Gebirgen herabkommenden Flüsse ein Nummuliten einschliessendes Rollstück entdeckt habe, so muss ich den schon einmal ausgesprochenen Satz[2]) auch ferner festhalten, dass die Nummulitenperiode im Norden des Kaukasus-Gebirges keine durch Nummuliten bezeichneten Niederschläge hervorgebracht hat. Keinesweges ist aber hiermit behauptet, dass überhaupt keine der eocenen Periode zugehörige Bildungen auf dem nördlichen Abhange des Kaukasus vorkommen, vielmehr halte ich eine umfangreiche Verbreitung eocener Schichten, sowohl auf der nordwestlichen, wie auf der südöstlichen Gebirgsseite füs gewiss. Zu alttertiären Bildungen glaube ich mächtige Abla-

1) d'Archiac. Animaux fossiles du terrain nummulitique de l'Inde.

2) Bulletin de la Classe physico-mathém. Tome XVI. Nro. 237.

gerungen von pelitischer Natur stellen zu müssen, die sich als licht- und dunkelbraune oder aschfarbige Mergel, feinschiefrige Thonmergel, *argiles feuilletées* im Wechsel mit festen Steinmergeln unmittelbar über den Kreideablagerungen, eben so zwischen dem Terek und Kuban zeigen, wie ich sie auf der nordöstlichen Kaukasusseite mit dem Charakter eines geognostischen Formationsganzen in Verbindung mit einer mächtigen Sandsteinformation angetroffen habe, die zwischen dem Soulak, Temir-Chan-Schura, wie überhaupt am nördlichen Gebirgsabfalle von Daghestan, eine sehr bedeutende Ausdehnung gewinnt. Diese Sandsteine bilden unter anderen, den äusseren Ring der schönen Combe des Rakum-Tau und Tarku-Tau zwischen Petrovsk und Schura, in deren Achse die Kreidewölbung des Gougourt-Tau mit ihren heissen Schwefelquellen von 34,6° C. an ihrer Basis sich erhebt. Einschlüsse von eisenoxydreichen Geoden häufen sich in diesem Sandsteine zu bedeutenden Lagern guter Eisenerze, auf welche früher ein bedeutender Bergbau betrieben worden ist. Unter den Sandsteinen, die von Kaptschugai bis Tschir-Yourt ein von vielen kleinen Thälern und Schluchten durchzogene Tafelzone von Bedeutung entwickeln, treten lichtgraue und lichtviolette Mergel und *argiles feuilletées* auf, welche kleine bräunliche Fischschuppen einschliessen; eine Gesammtbildung welche im Gadum Basch auf der rechten Seite des Sulak eine absolute Höhe von 3086 engl. Fuss gewinnt. Durch diese Mergel von thoniger Grundsubstanz werden die Sandsteine überall scharf von der Kreide geschieden, welche bei Kumtur-Kalé und Buinak übereinander lagernde Bänke von 30 bis 60 Fuss Mächtigkeit zeigen. Die ganze Formation wird von den mitteltertiären Bildungen constant überlagert und verschwindet in südöstlicher Richtung theils unter diesen, theils unter den aralo-caspischen Bildungen Das Band, welches diese lichtbraunen Mergel und die *argiles feuilletées* noch bestimmter an die eocenen Bildungen knüpft, ist die Uebereinstimmung welche dieselben auch in der Beziehung ihrer bräunlichen und emailartig glänzenden, fischschuppenähnlichen Einschlüsse mit gleichen Bildungen zeigen, die im Kurathale wie überhaupt in Karthalinien zu dem Formationsganzen der obersten Abtheilung der Gesteine der Nummuliten-Gruppe gehören und in dieser Qualität besonders gut zwischen Tiflis und der Jora erkannt werden können.

Die mitteltertiären Ablagerungen in Armenien.

Eine ausgedehnte Ablagerung von rothen sehr eisenoxydreichen Conglomeraten und Sandsteinen, bildet auf dem armenischen Hochlande das Liegende von bunten, insbesondere aber rothen Mergeln die unten reich an Gyps und Bittersalz ohne Kochsalz sind, und nach Oben in helle gypsreiche Thonmergel und Thone übergehen, die das Steinsalz der Mulden von Nachitschewan, Kulpi und Kaghisman einschliessen. Als Aequivalente dieser Schichten, die sich hauptsächlich den weiten und flachen Hochthälern eingelagert zeigen, sind graue Molassensandsteine aus feinen Trümmern mechanisch zerstörter Amphybolite und Trachyte bestehend zu betrachten, welche Fossilien von mitteltertiären Alter einschliessen; dieses Formations-Ganze ist von dem unterliegenden Nummulitenterrain, durch eine bedeutende Ablagerung von puddingsteinartigen Conglomeraten getrennt. Das nicht immer concordirende Lagerungsverhältniss zwischen dieser rothen Sandstein und Mergelformation und dem Nummulitenterrain, sowie das

so eben angedeutete lokale Eintreten puddingsteinartiger Gerölle geben auch hier die lokalen Beweise einer stattgehabten Veränderung des geologischen Niveau, welche in Folge gewaltsamer Dislokationen von allgemeiner Bedeutung gegen das Ende der Eocenperiode eintrat und scheinen für den Eintritt eines neuen Abschnittes in der Entwickelungsgeschichte der Tertiär-Periode zu sprechen.

In dem paläontologischen Theile meines Aufsatzes über das Steinsalz sind die Gründe entwickelt weshalb, sowohl die rothen Sandsteine und die gypsreiche Mergelformation mit dem einschliessenden Steinsalze, in Armenien als Ablagerungen der Molassenperiode d. h. dem Terrain *Falunien* von d'Orb. für äquivalent zu betrachten und von dem Nummulitenterrain, dem sie bisher untergeordnet erscheinen, zu trennen sind.

Da diese Abhandlung das Wesentliche enthält, was bis jetzt über die tertiären Verhältnisse in Armenien zu sagen ist, so beziehe ich mich auf dieselbe und verweise zur vollständigeren Erläuterung der in jener Schrift berührten geognostischen Verhältnisse des armenischen Hochlandes hier nur noch auf die Profile der Tafeln VI und VII in welchen die wichtigsten, die Hochebene des Araxes betreffenden Thatsachen übersichtlich hervortreten.

In Grusien habe ich keine Beweise finden können, dass die mitteltertiären Ablagerungen weder in Somkethien noch im trialethischen Gebirge, mit Inbegriff des achalzik-imerethinischen Gränzgebirges, in das Innere der Thäler gedrungen wären oder überhaupt unzweifelhafte Spuren ihres Daseins auf den Gebirgshöhen zurückgelassen hätten. Die Beobachtungen Dubois bestätigend, erkannte ich als Hauptgebiete der mitteltertiären Ablagerungen die grossen Flachthäler und Thalebenen, welche die armenisch-georgischen Gebirge von dem Kaukasus trennen. Die mitteltertiären kalkigsandigen Schichten mit den sie bedeckenden Nagelfluh und Molossenbildungen, deren paläontologischer Inhalt wie Eichwald und Dubois gezeigt, dem geologischen Horizont der Tertiärformation von Wolhynien und Podolien entspricht, erstrecken sich vom caspischen Meere bis zum schwarzen Meere; sie bilden die eigentliche ältere Grundlage der niedrigen Tafelzonen, welche zwischen dem Kur und der Jora den Uebergang in die einseitigen Gewölbketten der schon erwähnten ostwestlich gerichteten Molassenbildungen vermitteln. In übergreifender Lagerung die eocenen Sandsteinmergel und Schieferbildungen bedeckend, in welche der grösste Theil des Kuralaufes durch Karthalinien eingesenkt ist, überschreiten sie die Kreideschichten und die Granite des meskischen Gebirges und treten in Verbindung mit den äquivalenten Ablagerungen des imerethinischen Tieflandes.

Durchaus verschieden verhält sich die Vertheilung der Schichten desselben geologischen Alters im Kaukasus. Auf der südlichen Seite tangirt diese Formation nur in niedrigen Vorketten den Fuss des eigentlichen Gebirges und erst im Zusammentritt mit der weit nach Süden hinaustretenden Wasserscheide zwischen Jora und Araghwi, tritt sie in eine engere orographische Verbindung mit dem kaukasischen Gebirge. Mit immer mehr zunehmender Massenentwickelung beginnt sie mit der Annäherung an das meskische Gebirge in die ossetinischen Querthäler zu treten; dringt tief in dieselbe ein und füllt sie mit mächtigen und regelmässigen Ablagerungen, von grober und feinerer klastischer Natur mit vorherrschenden Charakter lehmiger Sandsteine und

kalkigsandiger Mergel, überall die Spuren von Ligniten nebst Planorben einschliessend. Diese Ablagerungen, welche wie im Kreise von Djawi eine absol. Höhe von 5093 Fuss erreichen, füllen jenseits des meskischen Gebirges, das grosse Bassin von Satseretlo und gewinnen eine bedeutende Ausbreitung und vertikale Anhäufung in den grossen Längenthälern des Rion und des Ingur in Radscha und Hoch-Suanien. Das zwischenliegende Parallethal von Klein-Suanien bleibt, auffallend genug von diesen Einlagerungen unberührt und nur das weite Quer-Thal des Tskhenis-Tsqal von Letschkhoum erhält die umfangreichste tertiäre Einlagerung, die sich überhaupt am Kaukasus, so weit derselbe bis jetzt bekannt ist, findet. Am südlichen Saume des Gebirges, können die verhältnissmässig nur schwachen Tertiärbildungen welche mit constantem Einfallen gegen Süden der Kreide anlagern um so weniger eine Ahnung von dem Umfange und der Stärke der Bildungen im Innern der Gebirgsthäler gewähren, als in den Thalschluchten, welche durch die Tafelzonen dahinführen Nichts an tertiäre Ablagerungen erinnert. Die grösste Höhe bis zu welcher ich mitteltertiäre Bildungen in Radscha und Letschkhoum überhaupt gemessen habe, liegt zwischen 3500 und 3800 engl. Fuss. Die Ablagerungen im Ingurthale sind mir aus eigener Anschauung nicht, sondern nur durch petrefaktenreichen Kalkmergel von dort bekannt, der *Cardium protractum* und *Mactra* einschliest.

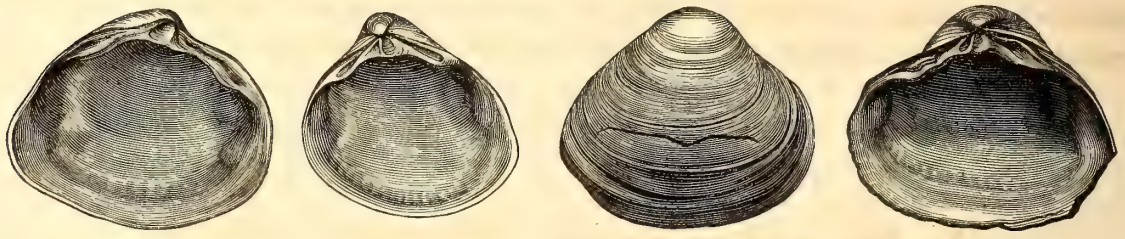
Im vollendetesten Gegensatze zu der Südseite des Gebirges, findet auf der nordwestlichen Seite kein Eintritt der tertiären Ablagerungen in das Innere der Thäler statt; daher auch zum Theil der dürre und steinige Charakter derselben. Nichtsdestoweniger begleiten ansehnliche mitteltertiäre Vorketten den Saum des Gebirges, erheben sich aber nirgends zwischen dem Terek und Elburuz zu bedeutender Höhe. Die grosse centrale Massenanschwellung des Elburuz drängt diese Bildungen weit gegen Norden vor und gestattet ihnen am äussersten Saume seiner Peripherie bei Essentucki kaum eine grössere absolute Erhebung als 2600 F. Um so überraschender ist nun aber die enorme Mächtigkeit, welche die Molassenablagerungen auf der rechten Seite des Kuban in jener umfangreichen Plateauanschwellung von Temnolesk und Stawropol gewinnen, deren geologische Bedeutung pag. 384 bereits berücksichtigt worden ist. Bereits 1854 habe ich im *Bullet. phys.-math. T. XIII* p. 355 den grossen, der richtigen Auffassung der kaukasischen Geologie überaus nachtheiligen Irrthum berichtigt, der in der Annahme beruhete, dass das Plateau von Stawropol aus sogenannten aralocaspischen Schichten zusammengesetzt sei, da doch an dem inneren Bau der ganzen Wölbung von 2500 Fuss grösster Höhe, nur mitteltertiäre Schichten theilnehmen und aralokaspische Schichten erst in sehr weiter nördlicher Entfernung von Stawropol auf den genannten liegend, in einer sehr bedeutend geringeren Höhe über dem Meere gefunden werden. Nichtsdestoweniger ist auch dieser Irrthum auf die neue Karte von Europa von Dumont steriotypisch übergegangen. Für die geognostische Auffassung des mitteltertiären Plateaus von Stawropol und Temnolesk ist die Eintheilung in zwei Etagen ebenso naturgemäss als sicher. Die oberste Abtheilung begreift einen mächtigen Complex von sandigen und thonigelehmigen Schichten mit gypsführenden Thonen, mehr oder minder mächtigen Lagern von porösen Muschelkalk untergeordnet, in welchem zahlreiche Foraminiferen aus den Geschlechtern *Rotalina* und *Polystomella* mit *Multiloculinen* und oolithischen Körnern vor-

kommen, die aus einer kalkigspäthigen Rinde gebildet, meistens hohl sind und mitunter Sandkörner einschliessen. Feine, in diesem porösen Kalke auftretende Trümmer von Muscheln, welche die Felsart als eine ächte Ufer- und Strandbildung bezeichnen, gehören den Geschlechtern *Venus*, *Cardium*, *Rissoa*, *Paludina* und *Mactra* an; als charakteristisches Merkmal für diese oberen Schichten finden sich ferner Corallenarten, die der Gattung *Pustulopora* angehören; mit *Mactra ponderosa* zusammen gehören sie entschieden der obersten Abtheilung an. Die untere Abtheilung wird durch andere Gestalten, worunter *Trochus*, *Cerithium* und *Buccinum* vorherrschen, charakterisirt. Es scheint eine Schicht von enormer und äusserst gleichmässiger Ausdehnung, durch einen dunkelgrauen, kieselreichen, cämentsteinartigen äusserst festen Kalkstein gebildet, dessen grosse und bemerkenswerthe Härte ihn zu dem Range eines sehr brauchbaren Pflastersteins in Stawropol erhoben hat. Acephalen anderer Arten, als die in der oberen sandigen Abtheilung und viele Foraminiferen als Dentalina, Nodosaria, Triloculina und Quinqueloculina kommen mit vor. Unter diesen oberen Schichten der unteren miocenen Abtheilung treten schiefrig geschichtete hellgelbe Kalkmergel, mit äusserst festen Kalkmergeln wechselnd, mit gleichen Versteinerungen wie Oben auf. Tiefer erscheinen sandsteinartige, ockergelbe Schichten mit vielen oolithischen Körnern; unter denselben poröse, serpulareiche, kieslige Kalke, worauf wieder thonige und lehmige Schichten mit sandigen folgen. Ueberraschend ist das Vorkommen des Tschornoi-sjom auf dieser Höhe; es entspricht so ziemlich demselben Niveau desjenigen Tschornoi-sjom der mit Sand verunreinigt am unteren Gebirgsabhange im Niveau von Kislovodsk lagert. Das innerhalb seiner Längenachse tief eingesenkte miocene Kalkplateau von Temnolesk ist ein unverkennbares Erhebungsthal, welches sich in der Richtung von SO.-NW. mit seinem bewaldeten Baranco öffnet. Von den miocenen Species die von mir in den *Faluns* auf dem Plateau von Temnolesk gesammelt worden, nenne ich hier noch einmal diejenigen, deren Bestimmung durch gute Erhaltung der Exemplare erleichtert war: *Mactra ponderosa* Eichw. — *M. podolica* Eichw. — *Cardium Fittoni* d'Orb. — *C. protractum* Eichw. — *C. exiguum* Lam. — *Cardita elongata* Bronn. — *Modiola marginata* Eichw. — *Modiola navicula* Dub. — *Tellina subcarinata* Broc. *Buccinum Verneuilli* d'Orb. — *B. baccatum* Bast. — *Pyrula granifera* Michel (?). — *Bullina Usturtensis* Eichw. — *Trochus Blainvillei* d'Orb. Wirbel und andere Knochenfragmente eines *Cetaceum* finden sich in einem festen porösen Muschelkalk zusammen eingeschlossen mit *Cardium Fittoni*, *Mactra ponderosa* und *podolica* der, einem viel Foraminiferen enthaltende kalkigen Sande auflagert. Die in den obersten Schichten von Temnolesk vorkommenden Mactren und Cardien charakterisiren eine *facies* und mit derselben einen geologischen Horizont, dessen Wichtigkeit für den gesammten Kaukasus sehr gross ist. Ganz vorzüglich sind es die Repräsentanten des Genus *Mactra*, die sich den Arten *ponderosa*, *deltoidea*, *podolica* und *bianguluta* unterordnen, welche mit wenigen anderen Cardienarten und vielleicht noch *Venus*, die mittelтertiären Schichten paläontologisch bestimmen. Sehr bedeutend ist die Entwicklung und Mächtigkeit dieser Bildungen auf der daghestanischen Seite des Kaukasus, jenseit des Terek. Der physiognomische Charakter der von denselben zusammengesetzten Vorhügel ändert sich wenig bis an den Sulak, nicht so die *facies* ihrer Muschelkalke. Spuren von lockeren mitteltertiären? Schichten

durch Cerithien kenntlich, die leider verloren gingen, fand ich in den Thalebenen von Akuscha und Ullu-Aja; aber keine derartigen Ablagerungen weiter hinauf in Daghestan, weder am Kasykumuchschen Koy-ssu noch an der Kumuchischen (anuischen) Wasserscheide. Einen sehr grossen Umfang gewinnt aber dass Gebiet dieser Ablagerungen im westlichen Daghestan oder Tabasseran, dessen ausgezeichnet schöner Culturboden zum grösseren Theil durch die mineralogische und physikalische Natur des im Ganzen eisenreichen lehmigsandigen und kalkigen, meistens wenig festen Terrain der mitteltertiären Periode bedingt wird. Die durch *Mactra ponderosa* und *biangulata* vorzüglich kenntlichen Schichten dringen, man könnte sagen überwältigend in das Innere der kaukasischen Thäler, östlich vom Schach-Dagh bis zum Meere und bedecken daselbst weite Räume zwischen dem centralen Schiefergebirg nnd den Kreide-Vorbergen. Die *Mactra ponderosa*, welche hier schätzbare Leitmuschel bleibt, wo die Unterscheidung der tertiären Ablagerungen von den quaternären schwierig wird, ist in allen ihren Charakteren völlig dieselbe, wie sie auf der Südseite des Kaukasus und bei Taganrog erscheint, jedoch fand ich sie nicht mit solchen Dimensionen und so dickschalig wie sie dort mitunter vorkömmt. Nächst dieser Art ist die *Mactra biangulata* Tab. VIII. die entschieden am Meisten, zumal in den festen Kalkschichten verbreitete Art und sie allein bildet bisweilen beinahe ausschliesslich ganze Muschelbänke. So findet sie sich auch am Systeme des Schach-Dagh, wo die mitteltertiären Ablagerungen, die allerdings überraschende und bedeutende absolute Höhe von 7170 engl. F. erreichen, welche für Schichten dieses Horizontes bis jetzt noch ganz exceptionell für den Kaukasus dasteht; denn nicht glaublich ist es, dass die miocänen Bildungen in Gross-Suanien bis zu dieser Erhebung ansteigen werden. Aus dem Vergleich mit p. 153, Poggend. An. B. 76 ergiebt sich, dass eine briefliche Bemerkung von mir an Herrn v. Buch vom Jahre 1848, über die Tertiärschichten am Schag-Dagh in Bezug auf die *Mactra biangulata* zu einer irrthümlichen Auffassung Veranlassung gegeben hat. Grosse Mactren welche mit der von mir als *M. deltoides Dub.* Tab. VIII. beibehaltenen Art am Meisten übereinstimmen, bezeichnen alle feste nicht aralokaspische Kalkbildungen, die ich von Derbent an bis nach Buinak, Tarki und Petrovsk in ihrer geognostischen Verbindung mit thonigsandigen Schichten beobachtet habe, entschieden als mitteltertiär. Ebenso nöthigt dieselbe Art in Verbindung mit *Mactra truchmena* oder *M. caspica* Eichw. den marmorartigen Steppenkalk aus der Reihe der aralokaspischen Bildungen zu streichen, der am Kuma-Fluss 30 Werst nordöstlich von Stawropol gebrochen wird. Mit Bezugnahme auf diesen Steppenkalk, so wie den durchaus miocänen Muschelkalk von Stawropol, wird noch immer die ganz irrige Ansicht vertreten, als haben die wirklich aralokaspischen, insbesondere durch ihre eigenthümlichen *Cardium-*, *Congeria-*, *Rissoa-*, und *Neritina*-Arten so bestimmt bezeichneten Schichten, überhaupt irgendwo längs des Kaukasus eine bedeutende Höhe erreicht. Das Interesse, welches die *M. deltoides Dub.* der nordkaukasischen Steppenkalke in Anspruch nimmt, steigert sich durch die auf genaue Vergleiche basirte Gewissheit, dass der Horizont der ausserordentlichen Verbreitungssphäre dieser, mit der *M. podolica* Eichw. und *M. ponderosa* Eichw. am Meisten verwandten, der zahlreichsten Formenabänderungen überaus fähigen Art, sich um das ganze Bassin des schwarzen Meeres wie

das des Marmormeeres erstreckt und noch bis in die Inselwelt des griechischen Archipels nach Tenedos hinübergeht. Die *Mactra deltoides* charakterisirt vorzugsweise den Steppenkalk, dessen Horizont unmittelbar über den Taganrogschichten zu sein scheint und wird in demselben von einer *Venus* begleitet, die viel Aehnlichkeit mit der *Venus gregaria* besitzt. Beide Arten finden sich zusammen in den festen Kalken längs der Westküste des kaspischen Meeres wie auch im Süden des Kaukasus.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3 Fig. 4.



Die *Mactra* der fig. 1 ist aus den *Faluns* von der Höhe von Temnolesk. Diejenige der fig. 2 dagegen aus dem Muschelkalke des Plateaus von Stavropol. Die nach photographischen Originalen angefertigten Abbildungen fig. 3 und 4 zeigen eine der zahlreichen Varietäten der *Mactra deltoides* wie sie durch T. Spratt[1]) aus einer sehr an den oolitischen Kalkstein von Taganrog erinnernden Felsart am südwestlichen Ufer des schwarzen Meeres bei Kustenji, sowie auch aus mächtig-geschichteten kalkigen Mergeln bei Baljik nördlich von Varna zuerst bekannt geworden ist. Dieser Kalk, so wie mit ihm zu einem Formationsganzen verbundene kalkigsandige Mergel, schliessen eine grosse Menge von fossilen Gasteropoden und Cardien ein, welche eine überraschende Aehnlichkeit mit gleichen oder ganz ähnlichen Arten zeigen, die in analogen Schichten auf der Halbinsel Kertsch auf der Nord- und Südseite des Kaukasus, wie in der Umgegend von Sevastopol vorkommen, und auch durch Spratt bei Gallipoli wie in den Ablagerungen der Insel Tenedos erkannt sind. Durch Kalke und Mergel dieser Formation, für welche die *Mactra deltoides* constante Leitmuschel vom Aralsee bis zum griechischen Meere ist, wird die geologische Stellung einer grossen Süsswasserformation bestimmt, welche ihrer Seits wieder in dem ganzen Bereiche des südlichen Pontus, des Marmormeeres, der Dardanellen wie auf den griechischen Insel von T. Spratt als das Liegende einer Meeresbildung erkannt ist. Dergleichen Meeresbildungen habe auch ich, mit übereinstimmenden Repräsentanten der jetzt im schwarzen Meere lebenden Arten in einer absoluten Höhe von 18 Fuss im cimmerischen Bosporus in übergreifender Lagerung auf sehr jungen Tertiärschichten der westlichen Küste von Taman gefunden.

Die wichtigen Beobachtungen welche T. Spratt in den Gewässern des ägeischen Meeres über die Ausdehnung der grossen Süsswasser-Formation fortsetzt, erweitern den Gesichts-

1) On the freshwater deposits of Euboea, the coast of Greece und Salonika by Capt. T. A. B. Spratt. R. N. — Quarterly journal of the geolog. society. 1857, pag. 177 und 92. On the geolog. of Varna and the neighbouring parts of Bulgaria.

kreis für äusserst wichtige Fragen, welche sich an die mitteltertiären Ablagerungen in der Umgebung des Kaukasus, und an das Uebergangsverhältniss derselben in die Bildungen der aralokaspischen Periode knüpfen; sie ziehen die Deutung der in ihrer Isolirung am Nordrande des pontischen Bassin so überaus merkwürdigen Bildungen einer jüngeren Tertiärzeit, in den Kreis von folgerechten Schlüssen auf Niveauveränderungen der grossartigsten Natur, welche am Schlusse der Tertiärzeit auch die Regionen der Erdoberfläche wahrscheinlich durch Senkungsphänomene in Folge sekulärer Hebungen betroffen haben müssen, welche jetzt von dem griechischen Archipel, dem Marmormeere, dem pontischen Bassin mit dem Azow-Meer wie den aralo-kaspischen Niederungen mit dem eigentlichen Turan eingenommen werden.

V. Die quaternäre oder Diluvial-Formation.

Die Thätigkeit dieser Periode bedingt auf dem Plateau von Armenien zuerst mächtige Geröllablagerungen, auf welche die Entwicklung und Ausbildung der jetzt erloschenen Vulkane, sowie die Ausbreitung sämmtlicher durch ihre Wirkungen hervorgebrachter und vermittelter Bildungen folgt. Diese diluvialen Geröllablagerungen, sind synchronisch mit den Phänomenen der gefurchten und polirten Felsen und der erratischen Blöcke des nördlichen und des nordwestlichen Europa, wie des nördlichen Amerika, auf welche die allgemeine Periode der ungleichen Senkungen der Meeresküsten folgte. Sie finden sich stets in horizontaler Lage, die tertiären Schichten in der Regel übergreifend bedeckend, und erscheinen als feste Conglomerate, gewöhnlich in der Mitte oder längs der Ränder der grossen durch Denudation vertieften Thalebenen. Das Material zu diesen Geröllen bilden Geschiebe sämmtlicher sedimentärer Gesteine der zuvor betrachteten Formationen, durch eingeschlossene Versteinerungen erkennbar, so wie die Repräsentanten aller der festeren Eruptivgesteine, welche in den früheren Perioden an die Oberfläche getreten sind. Diese Gerölle von mässiger Grösse cämentirt ein Kalk, der verstärkte Thätigkeit viel travertinabsetzender Quellen voraussetzen lässt, für deren früheres Vorhandensein die so vielfach in den Thälern Armeniens, Georgiens und auch des Kaukasus befindlichen Travertinlager sprechen, die noch heut mit Quellen in Verbindung stehen, welche das Mineral in geringerem Maasse absetzen. Ein charakteristisches Kennzeichen dieser ältesten quaternären Bildungen besteht in der Abwesenheit der eigentlichen vulkanischen Gesteine in denselben. Alle Ablagerungen, welche die Wirksamkeit der Vulkane beurkunden, oder ausschliessliche Produkte derselben sind, finden sich über diesen Geröllen. Die hypsometrischen Bestimmungen des Niveau, in welchem diese sporadisch vertheilten Ablagerungen als Reste einst zusammenhängender Schichten auf den Thalebenen erscheinen, haben für das Araxesthal die Thatsache ergeben, dass diese lokalen Formationen gleichzeitig, in stufenförmig aneinander gereiheten Thalbecken zu einer Zeit stattfanden, wo die engen Thalschluchten, durch welche in der Gegenwart

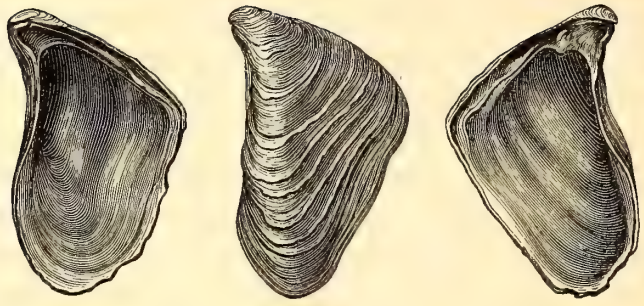
diese Thalbecken hydrographisch mit einander communiciren noch nicht vorhanden waren. Diese Wahrnehmung macht es glaublich, dass vorzugsweise basaltähnliche Gesteine, die innerhalb dieser natürlichen Schleusen überall in mächtigen Gangbildungen den tieferen inneren Gebirgsbau senkrecht durchsetzen, Spaltenausfüllungen sind, deren Bildung die Cataclysmen begleitete, durch welche die nach längerer Ruhe gesteigerte Vulkanität hebend und zersprengend auf das Neue in den alten Richtungen wirkte nnd die nunmehr ganz neue Periode derjenigen Bildungen eröffnete, die natur- und sachgemäss als Lavaformation zusammengefasst werden können. In Folge einer nunmehr eingetretenen ganz eigenthümlichen Modification der vulkanischen Kräfte, deren wahrer Grund noch immer in Dunkel gehüllt ist, treten die Spaltenеruptionen der früheren Zeit jetzt ganz zurück. Permanente Verbindungskanäle zwischen dem vulkanischen Heerde und der Oberfläche individualisiren sich, der Hauptrichtung der uralten Spalten folgend zu grossen Centralsystemen, in welchen die Bildungsmomente der Hebung und der Eruption sich gegenseitig bedingen. Die solchergestalt linear vertheilten, den Centralachsen der Randgebirge ursprünglich rhomboidaler Plateaumassen, pag. 362, congruent oder denselben parallel liegenden Eruptionspunkte bilden sich zu Crateren aus. Pyrogene Gesteine, chemisch gleichwerthig mit den bereits in der Tertiärperiode auftretenden Repräsentanten der vulkanischen Trachyt- und Basalt-Formationen ergiessen sich nunmehr über conische Abhänge und unterscheiden sich von den gleichartigen Massen der älteren Zeit nur durch ein rein morphologische Criterium und bestimmte Porosität, welche den Begriff der Lava begründen. Mit dem Eintritte dieser so äusserst folgereichen Veränderung in dem Dynamismus der Vulkanität, welche den gebirgsbildenden Reactionen der letzteren eine Gränze setzt, beginnt nun für den Kaukasus und Armenien eine Periode, in welcher die eruptive und die unter dem mitwirkenden Einflusse lokaler Wasseransammlungen und Thalbassins gestellte sedimentäre Thätigkeit der Natur, Resultate hervorbringt, die sowohl in quantitativer als qualitativer Beziehung Alles übertreffen, was durch die eruptiven Processe in früheren Perioden auf demselben Schauplatze geschaffen worden ist. Durch die an zahlreichen Gebirgspunkten gleichzeitig stattgefundenen und in langen Reihenfolgen sich wiederholenden Ergüsse basaltischer und doleritischer Laven und deren schlackigen Zwischenbildungen, sind weite und tiefe Hochthäler ausgefüllt und zu Ebenen umgeschaffen worden. Ueber diese basaltischen Bildungen haben sich später Tuf- und Conglomerat-Ablagerungen ausgebreitet, von ganz eigenthümlicher petrographischer Zusammensetzung und meistens verschieden von den Bimmsteintufen der römischen und der campanischen Ebenen oder der phlegräischen Felder. Die Ausgangspunkte dieser Tufe sind für das armenische Hochland deutlich auf eruptive Trachytsysteme, wie Alagez, Tschildir und andere zurückzuführen. Die einschneidenden Wirkungen der meteorologischen Gewässer haben in diese Ablagerungen tiefe und enge, sich vielfach windende Thalspalten mit senkrechten 3 bis 400 Fuss hohen Wänden hervorgebracht, welche die Anzahl der Lavenströme zu zählen gestatten, deren unterste Schicht auf nicht vulkanischen Geröllen aus der ersten Hälfte der quaternären Periode lagert. Die Gebiete, wo sich diese Naturverhältnisse in ihrer grossartigsten Entwicklung zeigen, sind in Armenien: die Hochebene von Schuragel, von Akalkalaki, von Lori, das Cen-

tralplateau von Kara-Bagh, das Plateau des Agmangan und das System des Alagez. Die Höhendifferenz zwischen Chertwis und Achalkalaki von 1900 Fuss zeigt beispielsweise die Mächtigkeit der eruptiven Bildungen, welche der von dem höheren vulkanischen Plateau von Ardagan kommende Kur durchschneidet.[1]) Der Effect der climatischen Differenz, welche durch diese von dem Schlusse der Tertiär-Periode bis zur Gegenwart bewirkten Verhältnisse zwischen Akalkalaki und Chertwis hervor gebracht worden, darf, in mittlerer Temperatur ausgedrückt, annähernd zu 3° R. angenommen werden. Die Tufablagerungen und derartige Ausfüllung früherer Thalbecken und Einsenkungen durch ächt vulkanische Bildungen, haben in Verbindung mit den nivellirenden Wirkungen basaltischer Ströme, die sich über flaches Terrain ungehindert ausbreiten konnten, Taf. VI und VII besonders Prof. III, wesentlich mit dazu beigetragen, die Grundzüge des Plateaucharakters für einzelne Theile des stufenförmig ansteigenden Hochlandes physiognomisch noch stärker auszuprägen. Ein tieferes Eingehen auf die vulkanischen Bildungen des armenischen Hochlandes, welche in der trachytischen und doleritischen Formation auf verhältnissmässig kleinem Raume die hervorragendesten Typen der Naturformen vereinigen, wie sie für die vulkanischen Gebiete von Ungarn, des südlichen Frankreichs, des mexikanischen Hochlandes charakteristisch sind, kann hier nicht beabsichtigt werden. Eben so wenig würde der Versuch an seinem Platze sein, das schwierige Problem zu lösen, auf dem armenischen Hochlande die Gränze zwischen der diluvialen Periode und der gegenwärtigen Epoche geognostisch zu begründen. Diese Aufgabe würde die Frage berühren, ob doleritische Eruptionskegel, die mit der vollendetesten Analogie moderner Vulkane im Schoosse tertiärer Ablagerungen, z. B. im Arpa-Tschaithale, im Daralagezgebirge, am Tanturek pag. 369 am Ararat etc. Lavenströme ergossen haben, die in jeder Beziehung mit den modernen Laven des Aetna verglichen werden können, in die historische Zeit hineinreichen. Ein näher liegendes Interesse nehmen zunächst noch diejenigen diluvialen Ablagerungen in Anspruch, welche auf den Ebenen, die den verschiedenen Thalstufen des Araxesthales von Eriwan an bis Hassan-Kala entsprechen, und auf der Hochebene von Erzerum, den obersten Bildungen angehörig, Paludinen und Congerien in grosser Menge einschliessen, die zwar Aehnlichkeit mit der im kaspischen Meere lebenden Art besitzen, aber doch specifisch von derselben zu trennen sind. Die mehr dreieckige Gestalt und oft bedeutende Grösse bei übrigens sehr mässiger Schaalendicke nähert diese Art einigermassen der *Dreisena triangularis* oder *Congeria palatonica Partsch.* Die Nothwendigkeit einer specifischen Unterscheidung der geologisch äusserst wichtigen *Congeria* aus Armenien von tertiären Formen wie von der *Dreisena polymorpha* der Gegenwart, bestimmt mich dieselbe unter dem Namen *Congeria Diluvii* von den ihr verwandten Arten zu trennen.

---

1) Der Versuch eine Einheit für das Maass zu finden um solche Erosionswirkungen in ihrer zeitlichen Dauer annähernd zu schätzen, fand in den Substructionen einer alt-armenischen Brücke von bekannter Gründungszeit im 13. Jahrhundert auf dem Grunde des Debeda-Thales einen Anknüpfungspunkt. Die Differenz zwischen dem Niveau des heutigen Flussbettes und demjenigen, welches vor 500 Jahren bestand, beträgt 1 Fuss 5 Zoll engl. Hiernach würde der Erosionseffect für die Debeda 3, 4 Zoll in einem Jahrhundert betragen.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



Die *Congeria Diluvii* fig. 1, 2, 3, deren nähere Charakteristik auf pag. 173 gegeben ist, findet sich auf der Araxes-Hochebene ohnweit Erivan in einem Kalktufe der von den Doleritlaven des Alagez bedeckt wird, so wie unter ähnlichen Verhältnissen auch ohnweit der alt-armenischen Ruinen Stadt Ani am Arpatschai. Ein festes kalkiges Muschel-Conglomerat, worin *Congeria Diluvii* und *Cardium Catillus* der aralokaspischen Bildung vorherrschen, findet sich auf der Hochebene von Lori auf der Ostseite der pag. 386 erörterten meridianen Wasserscheide.

Bei Khorassan, auf der Pasin genannten Thalstufe des Araxes, fand ich dergleichen Congerienführende Trachyttufe und feine Bimmsteinconglomerate, welche zugleich Paludinen und Neritinen einschliessen und nach Oben in sandige Schichten mit Planorben übergehen. Doleritische Lawaströme haben sich häufig über diese Schichten ausgebreitet, welche dem Horizont der Congerien angehören und in die jüngste Diluvialzeit zu stellen sind. Die grosse Verbreitung, welche die Diluvialgeröllablagerungen auf den Thalebenen des nordpersischen Plateaus nach den übereinstimmenden Angaben aller Berichterstatter einnehmen, macht es wahrscheinlich, dass die congerienführenden Schichten daselbst ebenfalls eine grosse Verbreitungssphäre besitzen. Vielleicht schliesst der geognostische Horizont, den sie bezeichnen, die Tufschichten ein, welche am Südabhange des Sahänd Quadrupedenreste enthalten, die pag. 83 der Oben citirten Abhandlung von mir beschrieben worden sind.

Die Bildungen der quaternären Periode in Georgien und im Kaukasus haben bei aller Analogie mit den so eben für Armenien angedeuteten sehr vieles Eigenthümliche. Die relative Mächtigkeit und die Art der Vertheilung der Gerölle und Conglomerat-Ablagerungen in den verschiedenen Kaukasusthälern beweist, dass der Eintritt der quaternären Periode die heutigen Thalsysteme in ihren Grundzügen bereits vorgefunden hat und dass namentlich in den grösseren Längenthälern Systeme von stufenartig übereinander aufsteigenden Seen bestanden haben müssen, die sich theils plötzlich, in Folge gewaltsamer Durchbrüche, theils langsam, durch die allmählig einschneiden Kraft der Gewässer entleerten. In den grossen und weiten circusartigen Querthälern auf der Nordseite des Gebirges, so weit dieselben dem Gebiete der krystallinischen Gesteine und Schiefer anheim fallen, bieten die durch diluviale Geröll- und Schuttablagerungen hervorgebrachten Stufen die allein günstigen Bedingungen für die im Ganzen nur spärliche Cultur der Cerealien dar. Ganz ähnliche Stufenverhältnisse der diluvialen Schuttmassen haben auch in den höheren Schieferthälern auf der Südseite des Gebirges brauchbares terrassenförmig vertheiltes Culturland und mit demselben die Möglichkeit dauernder Ansiedlungen gemehrt; schmaale Culturflächen, an deren Verringerung die alluvialen und dislocl-

renden Processe der gegenwärtigen Epoche arbeiten. Die colossalen Lavaströme, welche aus der Kammregion des Gebirges in die Thäler des Kuban, des Malka, Baksan und Terek auf der Nord- und in die des Aragwi und der Liachwa auf der Südseite des Gebirges gedrungen sind und mit ihren enormen Massen von 4 bis 500 Fuss die diluvialen Gerölle bedecken, zeigen den hohen Grad von physikalischer Ausbildung, den das gesammte Gebirge mit seinen Thälern bereits gehabt haben muss, als die grossartigen vulkanischen Eruptionen einen ganz neuen Bildungsakt einführten, der dem Kaukasus mit seinen grössten absoluten Erhebungen auch seine frappantesten physiognomischen Züge verliehen hat. So werden die Lavaströme die wichtigsten Documente für die jüngste Periode der Entwicklungsgeschichte dieses merkwürdigen Gebirges. Es wird klar, dass die wilde Zerrüttung, welche der gesammte Schieferbau der Kammregion des Kaukasus, z. B. in der Umgehung des Kazbek, erlitt, eben so wenig eine Folge der trachytischen Durchbrüche war, wie die Erhebung der fundamentalen Gebirgsmassen zu ihrer jetzigen Höhe, auf welchen der Elburuz emporgestiegen ist, durch diese vulkanische Action, so kolossal und umfangreich auch ihre Produkte erscheinen, bewirkt worden sein kann. Durch das Hervorbrechen der Eruptivgesteine in den vorhergegangenen tertiären Perioden und die damit in Verbindung gestandenen Dislokationen des Schichtenbaues durch Hebung und Senkung, hatte das Gebirge schon den grössten Theil seiner heutigen Ausbildung erhalten. Den empordrängenden trachytischen Massen war in den Regionen der stärksten Dislokationen und der grössesten Steilstellung der aufgerichteten Schiefermassen der leichtere und direkteste Austritt geboten und mit überraschender Präcision sieht man im ganzen Umkreise des Kazbek ihre Wirkungen genau an solchen Stellen der stärksten präexistirenden Brüche in dem Continuum des Schieferbaues sich einstellen. Die Tafel V. gewährt einen theilweisen Einblick in diese Verhältnisse, innerhalb der Region des kaukasischen Hauptkammes südlich vom Kazbek und liefert zugleich in dem Ueberblick auf das östliche Ende des vulkanischen Plateaus von Qeli das grösste Beispiel vollständiger Ausfüllung eines ursprünglichen Längenthales durch vulkanische Eruptionen, und Umgestaltung desselben zur Hochebene, welches der Kaukasus besitzt. Auf der Südseite des Schieferkammes, der das Djamurthal von dem des kleinen Liachwaflusses scheidet, erhebt sich hinter dem schönen Eruptionskegel des Syrchle-Djouari (Rothes Kreuz), dessen Laven das Djamurthal ausgefüllt haben, der ganz ähnliche aber niedrige von Gnugh bei dem Dorfe Silauri. So tritt auch auf der nördlichen Seite des Kaukasus am Fusse des Gebirges, zwischen dem Uruch und Ar-Don gerade da wo die kalkige Vorkette die stärksten Dislokationen und die grösste Steilstellung ihrer Kreideglieder zeigt, eine Reihe von Durchbrüchen eines ausgezeichneten Trachyt mit tombakbraunen Glimmer auf, von welchen die Trachyt und Bimmstein-Conglomerate genetisch abhängen, deren bedeutende Mächtigkeit in natürlichen Profilen im Ar-Donthale bei Salagurdan zu erkennen ist.

Die Ablagerungen erratischer Blöcke, sowie das damit in Verbindung zu stellende Phänomen der abgeschliffenen und polirten Felsbildungen ist dem Kaukasus fremd. Allerdings sind Gebirgsschutt und Felsblöcke von bedeutenden Dimensionen und den erratischen Blöcken in vieler Beziehung vergleichbar aus einigen Thälern, zumal demjenigen des Terek, bis zu

sehr bedeutenden Entfernungen weit hinaus in die Ebene geführt worden, allein der Ursprung dieser Transporte hängt durchaus nicht mit wirklichen Diluvial-Phänomenen, der Periode der *blocs érratiques* der europäischen Gebirge zusammen, sondern ist lediglich alluvialen Wirkungen zuzuschreiben, die noch in der Gegenwart wenn gleich im verringerten Maasstabe fortwirken. Durch die Configuration des ganzen centralen Gebirges und die Steilheit der terrassenförmig absetzenden Thäler im Umkreis des Kazbek begünstigt, finden auf der höchsten Stufe des Thales Dewdareki oder Zach-Don, welches zwischen Kazbek und Dariela in das Terekthal mündet, periodische Brüche eines umfangreichen Gletschers statt, die in vieljährigen, ganz unbestimmten Perioden wiederkehren.[1]) In Folge solcher Brüche entstehen Zudämmungen des Terekthales, oberhalb der Enge von Dariela, die Höhen von 200 bis 300 Fuss erreichen können. Die Gewalt des hinter dem Damme angestauten Terek besiegt das Hinderniss und eine furchtbare Catastrophe erfolgt, deren fluthende Wirkungen Bergschutt und Trümmer der Moränen durch das Terekthal weit über Wladikawkas hinaus in die Ebene tragen.

Der Besuch dieses merkwürdigen Gletscherthales, so wie desjenigen des Stepan-Zminda Gletschers der dem Aul-Kazbek gegenüber, sich von den Firneismassen des Kazbekgipfels steil herabsenkt, zeigte mir in mittlerer Thales-Höhe 69 bis 70° geneigte Felswände, welche die Schichtenköpfe quer durch das Thal setzender krystallinischer Schiefer blosslegen; diese Wände sind durch die Wirkungen der Gletscherbrüche abgeglättet und, abgesehen von den durch Zerstörung der Schiefer entstandenen Lücken, an den meisten Stellen vollkommen polirt. Gleiches zeigt sich an den granitischen, von dunklen Aphaniten gangförmig durchsetzten Wänden der rechten Terekseite; aber auch allein nur an der Stelle welche der Mündung des verhängnissvollen Lavinen-Thales gerade gegenüber liegt, mithin den ganzen Anprall der hinabstürzenden Gletscher und Moränen-Massen zunächst empfängt. Die Höhe des an dieser Stelle auf der linken Terekseite angehäuften Berg- und Geröll-Schuttes von meistens abgerundeten und geglätteten Gesteinsblöcken fand ich 300 Fuss im Mittel über der Thalsohle.

Die stehen gebliebenen Reste einer früheren Ausfüllung des ganzen Thales mit gleichem Gebirgsschutt, den immer die vielfach eingemengten Trachytblöcke des Kazbek charakterisiren, erstrecken sich mit etwas abnehmender Höhe bis in die Nähe der Felsenenge von Dariela. Genau in demselben Niveau der neuen Brücke in der Darielaschlucht, (292,52 p. L. T. = 9°, 8. t. = 9°,7. R.) fand ich zwei Stunden später die oberste Gränze desselben Lavinenschutts, auf der Höhe des linken Thalabhanges über Lars (292,76 p. L. T. = 8°,5. t. = 8°. R.). Das Barometer stand eine Stunde später 300,06 p. L. T. 9° und t. 8°,3. im Niveau des Terek am Steilabsturz des Burgfelsens von Lars, dessen Schiefer ein Streichen von O. 10° S. zeigen und 52° gegen Nord einfallen; mithin darf die Höhe bis zu welcher innerhalb der Alluvial-Periode oder der gegenwärtigen Epoche diese Stufe des Terekthales bis zum letzten Schiefer-Querdamme an der Stelle des heutigen Lars mit Trümmern ausgefüllt war, auf 700 bis 800 Fuss über das jetzige Niveau des Flusses geschätzt werden. Keinesweges ist aber aus diesen

1) Siehe die Ersteigung des Kazbek nebst geologischen Erläuterungen über die bis jetzt entdeckten Gletscher im Kaukasus von Dr. Kolenati. St. Petersburg. 1845.

Verhältnissen der Schluss zu ziehen, dass die Trümmer in dem Terekthale wirklich jemals eine dieser Höhendifferenz entsprechende Mächtigkeit erreicht haben. Alle Lavaströme, welche grosse Thäler im Kaukasus wie in Armenien ausgefüllt haben und später von den Flüssen, zumal im Kaukasus immer bis weit unter das Niveau des Lava durchschnitten worden sind, geben den Beweis von der enormen Wirkung der Erosionen, welche die kaukasischen Thäler seit dem Beginne unserer Epoche vertieft haben müssen. In ausgezeichneter Weise sind diese Wirkungen so wie ihr approximatives Maass in den obersten Stufen der Araghwithäler, in Gudowi und in Gudomakari, so wie auch an der Malka unterhalb des Elburuzkegels zu beurtheilen. Man ist somit auch nicht zu der Vorstellung von Gletschern aussergewöhnlicher Dimensionen in der Vergangenheit am Kazbek genöthigt, da alle Erscheinungen wie sie in dem Inneren des Terekthales und ausserhalb desselben, in den auf die Ebene geführten Schutt- und Geröllmassen vorliegen, eine genügende Erläuterung in der Annahme finden, dass das heutige Flussthal des Terek im Allgemeinen und insbesondere von Kazbek bis Lars, seit dem Beginne unserer gegenwärtigen Periode eine sehr bedeutende Vertiefung durch Erosion erfahren hat.

Die Schlammergüsse, die in Folge der Erdbeben-Catastrophe, welche das Dorf Arguri am Ararat durch Bergstürze und Gletscherbrüche vernichtet hatte eintraten, haben im Jahre 1840 bewiesen, auf welche Weise Kräfte, wie sie vermöge der physikalischen Natur des Kazbek im Terekthale jeden Augenblick in Wirksamkeit treten können, auch in der Gegenwart genügen, um Felsblöcke von gleichen Dimensionen auf weite Entfernung zu deplaciren, wie sie im Terekthale und auf der Ebene vor Wladikawkas 10 bis 12 Werst vom Gebirge entfernt gefunden werden. Durch dynamische Wirkungen von gleicher Natur, wie diejenigen in der Zach-Don Gletscherschlucht am Kazbek, wurden Felsblöcke von 250 bis 300 Fuss im Umfange aus der Centralregion des Ararat, mehr als 7 Werst von ihrem Ursprungsorte über eine Fläche durch Fluthung hinweggeführt, die eine schwächere Neigung besitzt, als diejenige der Thalsohle des Terek von Dariela bis Wladikawkas. Die grössten Blöcke, die ich auf der Terek-Ebene gemessen habe, besassen aber nur den dritten oder vierten Theil der Grösse jener Felsmassen, die unterhalb des verschütteten Arguri den Araratabhang bedecken. Dagegen hat der grösste Granitblock im Terekthale zwischen Lars und Dariela genau 300 F. im Umfange. Ein physikalischer Vergleich zwischen dem Kazbek und Elburuz zeigt, dass die absolute Grösse und Ausdehnung der in die Schnee- und Firneisregion eintauchenden Gebirgshöhen, wie der von diesen abhängigen Gletscher kein Maass für die hier in Rede stehenden Erscheinungen und Bildungen zu geben vermag, die so viel Aehnliches mit den Phänomenen der erratischen Blöcke besitzen. Nach einer auf Grundlage der General-Stabs-Aufnahmen der Kazbek- und Elburuz-Umgebung angestellten, freilich nur sehr approximativen Berechnung, verhält sich das vom ewigen Eise eingenommene Areal der kaukasischen Kammregion, die den Kazbek einschliesst, von etwa 62 □ Werst Oberfläche, zu dem des Elburuz von 550 □ Werst wie 1:9. Drei Hauptflüsse: der Baksan, Malka und Kuban nehmen auf der nördlichen Gebirgsseite ihren Ursprung von den Schnee- und Eisfeldern des Elburuz-Plateaus und entspringen sämmtlich aus Gletschern; der von bedeutenden Moränen eingeschlossen Baksangletscher endet mit einer Breite von 13

bis 1400 e. Fuss in 7070 F. absoluter Höhe im Baksanthale. Lavenmassen die in den eingeschlossenen Seitenthälern des oberen Baksan, z. B. die enorme Mächtigkeit von 800 F. erreichen, sind dennoch von der erosiven Thätigkeit der alluvialen Gewässer völlig durchschnitten.

Nichtsdestoweniger stehen sowohl die Diluvial-Ablagerungen unter den Laven, wie die alluvialen Geröllablagerungen in quantitativer Beziehung denen nach, welche das Terekthal darbietet und keine Thatsache zeigt sich an den Mündungen der genannten Elburuz-Thäler in die Ebene, geeignet, wie bei Wladikawkas die Vermuthung von Wirkungen der Periode der *blocs érratiques* rege zu machen. Entschieden zeigt sich der Grund dieser abweichenden Verhältnisse in der grossen Verschiedenheit des Gebirgsbaues in diesen beiden Theilen des Kaukasus, worauf pag. 443 hingewiesen worden ist. Das frappanteste Beispiel von dem entscheidenden Einflusse lokaler physikalischer Verhältnisse in dem Baue des Gebirges wie der Thäler, auf eine früher bedeutend gesteigert gewesene Gletscher- und Moränen-Bildung, bietet das überaus interessante Gletscherthal des Gysal oder Lamardon dar. Dieses Thal bildet das kleinste Glied in der grossen Reihe von Thaleinsenkungen, welche auf der Nordseite des Gebirges, zwischen dem centralen Hauptkamme und dem ersten Contrefort der jurassischen Kalkbildungen, pag. 455, sich von Westen nach Osten erstrecken. Die absolute Erhebung des mittleren Niveaus der Thalebene von Lamardon beträgt 5071 Fuss und übertrifft somit dasjenige der beiden ihm nach Ost und West benachbarten Querthäler des Genal und Fiagdon (4481) bedeutend. Die mächtige Gebirgsmasse des Djimara dominirt mit ihren gewaltigen schneebedeckten Ausläufern die wie Strebepfeiler die pyramidalische Bildung krystallinischer Schiefer zu tragen scheinen, die Südseite des Gysaldonthales. Das Streichen dieser Schiefermassen ist O. 10° N. im Mittel; sie bilden den Nordrand eines schmalen, plateauartig von O.—W. sich ausdehnenden und gegen Norden von Schieferkämmen begränzten Eis- und Schneefeldes, auf dem sich der Kazbekkegel in ähnlicher Weise erhebt, wie der Elburuz auf dem viel ausgedehnteren und schwach gewölbten Eisplateau zwischen den Baksan- und Kubanquellen. Von jenem Eisfelde des Kazbek, welches an seiner östlichen Seite wahrscheinlich auch den pag. 520 bezeichneten Gletscher des Zach-Don oder Dewdaroki nährt, dringt ein ziemlich breiter, aber in bedeutender Höhe wie ein erstarrter Wasserfall steil absteigender Gletscher, dicht an der Basis des Djimara zum Gysaldonthale hinab und giebt am Rande einer weiten circusartigen Schlucht dem Flusse seine Entstehung. Zu beiden Seiten dieses Circus, dessen Wände aus sehr quarzreichen Schiefergesteinen bestehen, erheben sich gewaltige Moränen in doppelter Reihe an und auf den Schieferabhängen bis zu der Mächtigkeit von 500 bis 600 Fuss und folgen in weitem Bogen der Krümmung des Thales, welches sie in seiner ganzen Längenausdehnung von Djimara bis Lamardon durchziehen. Die völlig geschlossene Beschaffenheit des Hochthales von Lamardon und die Enge des Thalspaltes, durch welchen der Gysal nach der 1360 Fuss tieferen Thalstufe von Kuban über schroffe Absätze tobend hinabstürzt, machen es wenig glaublich, dass die Gletschermassen deren Grösse und Umfang den im ganzen Thale sichtbaren Moränen entsprochen haben müssen, jemals das Hochthal überschritten, denn keine Spur von diesen durch mitunter vorkommende Trachyttrümmer be-

zeichneten Moränen zeigt sich, weder in dem benachbarten Schieferthale des Genal-Don, noch in der *Néocomien*-Mulde von Kuban, ebenso wenig wie im Fiag-Don. So läge denn in diesen Moränen des Gysal-Don, die einzigen von so bestimmten Charakter und solcher Grösse mir im Kaukasus bekannt gewordenen, ein annäherndes Maass für das Maximum der Gletscherwirkungen vor, wie sie seit dem Beginne und dem Verlaufe der Alluvialzeit bis zur Gegenwart, hier durch lokale mit der Entstehung des Kazbek zusammenhängende physikalische Configuration der Kammregion bedingt worden, niemals aber das Privilegium einer besonderen etwa eine allgemeine erhöhete Gletscherbildung bedingenden, oder auch nur begünstigenden Epoche für den Kaukasus gewesen sein können.

Erläuterungen zu den Tafeln.

Tab. I.

Fig. 1, a, b, c, d, e, f.

Spirifer Seminoi. Viquesnel.

Bulletin de la Société géologique, Deuxième Série. T. VII, p. 501.

In der Voraussetzung, dass diese sinusfreie, beinahe völlig gleichschaalige Brachiopode mit der Spiriferart identisch ist, welche durch Hommaire de Hell in den Thälern der Nekha und Touwa im Elburuzgebirge Nordpersiens entdeckt, von Viquesnel, pag. 501, T. VII, Bullet. de la Soc. géol., mit dem Namen *Spirifer Seminoi nov. sp.* belegt worden ist, beschränke ich mich hier nur auf die Wiedergabe dieser neuen *species* durch die Abbildungen der Fig. 1, *a* bis *f*. Da dieselben treu sind, so darf ich voraussetzen, dass sie die Möglichkeit bieten werden, eine genaue Vorstellung von der Natur dieses Spirifer zu geben, der so vieles Eigenthümliche besitzt. De Verneuil drückt sich über den *Sp. Seminoi* aus Persien, wie ihn wohl erhaltene Exemplare in Paris zeigen, an dem angegebenen Orte, Bulletin de la Soc. géolog. wie folgt aus: «*C'est une belle espèce qui se rapproche du Spirifer Anosoffii Vern. et qui appartient au même groupe que le Sp. Verneuili.*»

Fig. 1, *a* zeigt die Bauchklappe mit einem schwachen, aber dennoch deutlich bemerkbaren Schlitz, der sich bis auf die Mitte der Schaale erstreckt.

Fig. 1, *b*. Die Rückenklappe ohne die leiseste Spur einer Erhöhung oder Wulst auf ihrer Mitte.

Fig. 1, *c* giebt besonders das Schlossfeld der Rückenklappe, wobei zu bemerken, dass kein einziges der zahlreich gefundenen Exemplare die Art mit verbundenen und geschlossenen Schaalen gezeigt hat, mithin auch die Darstellung nur nach künstlicher Zusammenfügung von zwei sehr wohl erhaltenen, aber verschiedenen Individuen angehörigen Valven, einer Rücken- und einer Bauchklappe angefertigt werden konnte.

Fig. 1, *d* stellt die sehr zarte constante Dichotomie der Rippen, wie sie durchgängig auf beiden Klappen statt findet, in vergrössertem Zustande dar.

Fig. 1, *e* und *f* lässt die Bauchklappe von beiden Seiten im natürlichen Profil mit der trennenden Wandplatte erkennen, die vom Buckel nach dem unteren Rande hinabzieht.

Fig. 2, a, b, c und Fig. 3, a, b, c, d.

Spirifer Orbelianus, nov. sp.

Diese *species*, deren Selbstständigkeit E. de Verneuil zuerst constatirte, unterscheidet sich von dem ihr äusserst nahe kommenden *Spirifer Murchisonianus* specifisch eigentlich nur durch eine wulstartige Erhöhung im tiefen und breiten Sinus der Bauchklappe, die genau dem Kiele auf der Rückenklappe entspricht. Bei der ausserordentlichen Veränderlichkeit auch dieses Spirifer ist die Breite und Tiefe des Sinus allerdings im hohen Grade wandelbar, aber nichtsdestoweniger bleibt die Eigenthümlichkeit der wulstartigen Erhöhung in der Mitte des Sinus das niemals fehlende charakteristische Kennzeichen. Der *Sp. Orbelianus* ist bis jetzt nur in dem Baranco des Erhebungsthales von Gyneschik, in den Schichten *h* und *k* des Profils, pag. 440, und zwar in sehr grossen Mengenverhältnissen gefunden worden.

Tab. II.

Fig. 1, a, b, c, d.

Spirifer Archiaci de Vern.

Bulletin de la Soc. géol. T. XI, pag. 251. Tab. II, fig. 2, *a, b, c.* — Murchison, Géologie de la Russie d'Europe T. II, pag. 155. Tab. IV, fig. 5, *a* bis *i.* — De Koninck, *descr. des foss. de Belgique*, fig. 254, pl. 14, fig. 5.

Die Unbeständigkeit der Form, womit diese Art in Russland erscheint, charakterisirt dieselbe auch in Armenien, wo sie an mehreren Orten in grosser Anzahl vorgekommen ist: Baranco von Gyneschik — Erhebungsthal von Dsynserly — Felsgruppe von Korwirab — Araxesenge zwischen Karmirwank und Djoulfa. Fig. 1, *a* bis *d* scheint wohl als ein Repräsentant der *var. B.*, fig. 5, *f, g* bei Verneuil loco citato in Anspruch genommen werden zu dürfen.

Fig. 2, a, b, c.

Spirifer calcaratus J. Sowerby.

Sandberger, Verstein. des rhein. Schiefersystems, pag. 320. Tab. XXXI, fig. 10 und 11.

Mit Rücksicht auf die unverkennbare, grosse Aehnlichkeit dieser Art mit dem *Spirifer disjunctus* de Vern., in Murchison, *Géologie de la Russie d'Europe*, pag. 157. Tab. IV, fig. 4, *a* bis *d*, stütze ich die Wahl der Benennung, unter welcher ich diesen, in den Bergen von Dsynserly gefundenen Spirifer hier anführe, auf die Bemerkung de Koninck's, p. 254 der *déscription des animaux fossiles etc. Liège* 1842 bis 1844: «*nous en dirons autant des Sp. disjunctus, calcaratus et giganteus, que M. Sowerby a décrits dans le 5me volume des transact. de la Soc. géol. de Londres, et qui appartiennent évidemment au même type.*»

Fig. 3, a, b.

Spirifer Verneuili Murch.

Bullet. de la Soc. géol. T. XI, pag. 252. Tab. II, fig. 3, *a — e.*

Indem ich eine Form als *Sp. Verneuili* bezeichne, die sehr wohl in die grosse Varietätenreihe passen könnte, welche die Selbstständigkeit des *Sp. Archiaci* äusserst schwankend macht — de Koninck l. c. pag. 154: «*nous sommes très portés à croire que le Sp. Archiaci ne constitue qu'une variété du Sp. Verneuili, que nous considérons à son tour comme une variété du Sp. Lonsdali Murch.*» — so möchte ich diese Wahl auf die Bemerkung stützen, durch welche, T. II, pag. 156, *Géologie de la Russie d'Europe*, darauf hingewiesen wird, dass der *Sp. Archiaci* immer eine gekrümmte *area*, «*une area surbaissée*» besitzt, wie sie die oben citirte Abbildung im Bullet. de la Soc. géol. angiebt. Die ebene, sehr hohe *area*, durch welche dieser Spirifer in nahe Beziehung verwandschaftlicher Aehnlichkeit mit dem *Sp. tenticulum*, pl. V, l. c. *Géolog. de la Russie. Murch.* tritt, bestimmte mich vorzüglich, die abgebildete Art als *Sp. Verneuili* anzunehmen. Mit *Sp. Archiaci* zusammen in den Dsynserlybergen und bei Surp Stepan im Araxesthale auf persischer Seite gefunden.

Fig. 4 und 5, a, b, c, d.

Spirifer Orbelianus nov. sp.

Zur Vervollständigung einer Uebersicht der extremen Veränderungen dargestellt, welchen die Gestalt des *S. Orbelianus* der Taf. I, fig. 2 in Bezug auf Breite und Höhe der Grundzüge ihrer Gestaltung unterliegt.

Fig. 6, a, b, c.

Spirifer indeterm. nov. sp.?

Die abnormen Formenverhältnisse dieser Art scheinen mir zu bedeutend, um dieselbe in die Varietätenreihe des *Spirifer disjunctus* Sow., wie er pl. XV, fig. 1 — 5 in Quart. journ. T. IX, pag. 345 aus China von T. Davidson abgebildet ist, aufzunehmen; ein Spirifer dem diese Art allerdings am nächsten zu treten scheint. Fundort derselbe wie von fig. 3, *b.*

Fig. 7, a, b, c, d.

Spirifer heteroclytus Defrance.

Sandberger. Versteinerungen des rhein. Schiefersystems pag. 325. Taf. XXXII, fig. 8 *a — e.*

Die Formenverhältnisse dieser *species* zeigen namentlich in Beziehung auf die pyramidale, spitzwinkliche Bauchklappe, das hohe Schlossfeld, welches die Breite der Schaale übertrifft, den tiefen Sinus der Bauchklappe, so übereinstimmende Züge wie sie die Schilderung des *Sp. heteroclytus* aus der Eifel bei Sandberger enthält, dass ich die Identität beider Arten nicht bezweifle.

Tab. III.

Fig. 1, a, b.

Caprotina indeterminata.

Die schiefe, seitlich gebogene, stark gewundene Unterschaale deutet auf die sehr in die

Breite gehende Form der *Requienia* von *Matheron*, wie etwa die *Requienia carinata Math.* im *Catalogue méthodique*[1]), pag. 104. Tab. II, fig. 1 u. 2. Aus dem Turonkalke des Trapassar-Dagh in Karabagh, pag. 483.

Fig. 2, a, b.

Acteonella indeterminata.

Die Zusammenstellung der beiden Formen sub *a* und *b* bedingt nicht die Behauptung, dass beide ein und derselben Art angehören. Unter den mir theils durch Exemplare aus den Gosauschichten, theils durch Abbildungen zugänglichen Acteonellen finde ich keine, der ich die armenische Art unterordnen könnte. In Bezug auf den allgemeinen *habitus* der vollkommen eiförmigen, etwas bauchigen Gestalt, die mässig verengte Mundöffnung, die senkrechte Beschaffenheit der rechten Lippe, die mit drei scharfen Spalten versehene Spindel und die deutlich erkennbaren Längsstreifen auf der Oberfläche, ist allerdings eine grosse Aehnlichkeit mit der von Zeckeli beschriebenen und abgebildeten *Acteonella caucasica* oder *laevis* unverkennbar. Indessen sind die aus der Araxesenge aus dunklen Kalken vorhandenen, sehr verdrückten und beschädigten Exemplare nicht genügend um über die Art bestimmter zu entscheiden.

Fig. 3, a, b.

Nerinea indeterminata.

Der Mangel an Falten auf der Spindel könnte allerdings Zweifel gegen das für diese Form adoptirte *genus* erregen; indessen wird durch Durchschnitte derselben Art kenntlich, dass dieser Mangel wie bei *N. turricula* nur ein scheinbarer ist. Weder mir bekannte Beschreibungen noch Abbildungen führen die Art auf eine bekannte zurück. In demselben Kalke der Caprotinen vom Trapassar-Dagh.

Fig. 4, a, b, c.

Nerinea nova species.?

Eine ausgezeichnete genabelte, zweifaltige, sehr cerithienartige Form, deren wohlerhaltene, die Mundöffnung constituirende Theile, fig. 4, *a*, mit Hülfe der Säure durch Fortätzung des Kalkes rein und frei erhalten werden konnten, wie sie genau nach der Natur von mir abgebildet sind. In ausserordentlichen Mengen ist diese Art die gewöhnlichste Nerineenform im Kalke des Trapassar-Dagh.

Fig. 5.

Caprina d'Orb., *Plagioptychus Matheron.*

Matheron, Catalogue méthod. Pl. V, fig. 5. — Pictet, traité de palaeont. T. IV, pag. 83. Tab. 89, fig. 14.

Unter den drei bekannten Caprinenarten würde die abgebildete obere Deckelschaale vielleicht auf *Caprina Aguilloni* d'Orb. syn. *Plagioptychus paradoxus Math.* und *Caprina Coquandiana* d'Orb. bezogen werden können.

1) Catalogue méthodique et déscriptif des corps organisés fossiles du Departement des Bouches du Rhone par M. P. Matheron. Marseille. 1842.

Fig. 6, a, b.

Placosmilia Parkinsonii? Edwards et Haime.

Edwards et Haime, Ann. sc. nat. 1848. T. X, pag. 235. — Michelin, Icon. zooph. Pl. 4, fig. 3.

Die lamellare Beschaffenheit der Columelle spricht mit den übrigen Kennzeichen wohl für *Placosmilia*; da indessen Edwards et Haime das Verhältniss zwischen der kleinen und grossen Achse der *P. Parkinsonii* wie 100 : 200 angeben und die armenische Art aus dem Kalk des Trapassar-Dagh dasselbe Verhältniss nur wie 100 : 150 zeigt, so bleibt die von mir angenommene Identität der Art noch zweifelhaft.

Fig. 7, a, b.

Nerinea indeterminata.

Eine sehr zierlich ausgebildete, dreifaltige, ungenabelte Art, deren Zurückführung auf eine bereits bekannte mir nicht gelang.

Fig. 8, a, b.

Nerinea indeterminata.

Auch diese, zu den genabelten zu stellende Art fand ich in keiner mir zugänglichen Beschreibung oder Abbildung, weshalb sie unbestimmt bleiben musste. Sie ist im Kalke des Trapassar-Dagh häufig.

Fig. 9, a, b, c.

Cardium nova species.

Die Supposition, dass in der abgebildeten Art ein *Cardium* vorliegt, entbehrt des hinreichenden Beweises, da das Schloss der immer nur festgeschlossenen und meistens verdrückten Muschel nicht zur Betrachtung zu ziehen war. Die Wahrscheinlichkeit von Seiten des allgemeinen *Habitus* allein spricht für *Cardium*. Für Vergleiche, die sich nur auf Aehnlichkeit äusserer Charaktere beziehen, könnten Cardienarten aus Gosauschichten citirt werden, die d'Orbigny abbildete als: *C. vindenense*, *C. mutonianum*, *C. coniacum;* doch übertreffen alle diese Formen die vorliegende Muschel sehr bedeutend an Dicke. Die Art, sehr bezeichnend für die unteren thonigen Turonschichten im Araxesgebiet, findet sich in grosser Menge mit zahlreichen Turritellen, Acteonellen und Omphalien zusammen im Wedithale, pag. 484, wie auch in dunklen Kalken in der Araxesenge zwischen Migri und Ordubad.

Fig. 10.

Nerinea indeterminata.

Eine durch ihre Kürze besonders ausgezeichnete Form mit dreifacher Spindelfaltung; selten im Kalk des Trapassar-Dagh.

Fig. 11. a, b.

Nummulites planulata? d'Orb.

Bei der grossen Veränderlichkeit, welcher mehrere Nummulitenarten wie *N. Leymerici*, *N.*

intermedia und *N. planulata* unterworfen sind, wird die genaue Bestimmung der Arten dieses *genus* immer eine schwierige und ohne eine sorgfältige, vergleichende, mikroskopische Analyse unausführbare bleiben. Obschon die vorliegende um mehr als das Doppelte vergrösserte Abbildung fig. 1. *a* des Nummuliten auf Genauigkeit Anspruch machen darf, so wird sie doch immer zur Feststellung der Art ungenügend erscheinen müssen. Meine Voraussetzung der *N. planulata* stützt sich auf folgende Kennzeichen, welche die Originale im Längendurchschnitte deutlich erkennen lassen; sehr deutliche Centralkammer; 4 bis 5 Umgänge deren Breite rasch zunimmt, besonders in der letzten Windung das geringe Verhältniss der Dicke zur Höhe. Die Art erscheint in sehr grosser Anzahl und immer in den Grössenverhältnissen zwischen $1^1/_2$ bis 3 millim., sie findet sich in einem rothbraunen, kalkigen Sandstein mit Ostreen zusammen, die einige Aehnlichkeit mit *Ostraea cymbularis* Goldf. besitzen, im Thale des Araxes bei Ordubad wie im Erhebungssystem von Gyneschyck im Daralagez. Es scheint dass die Art an den genannten Orten mit der *N. Ramondi* zusammen vorkömmt.

Fig. 12, a, b.

Nummulites perforata d'Arch. syn., *N. spissa* d'Orb., *N. laevigata* Pusch *und N. globosa* Rütim.

Obschon die *N. perforata* diejenige Art des genus ist, deren Begränzung und Präcisirung wegen der grossen Veränderungen sehr schwer ist, welche dieselbe in verschiedenen ihrer Charaktere, je nach dem Orte ihrer Entwickelung erfährt, so zeigt doch gerade die abgebildete Form so sehr die äusseren Kennzeichen der Varietät, die d'Archiac als den Typus der Art aufstellt, dass die Identität kaum bezweifelt werden kann; zumal da die Art diejenige ist, welche im Araxesthale wie in Armenien überhaupt von allen übrigen mit vorkommenden Nummuliten die am Meisten verbreitete und nach guten Exemplaren untersuchte ist.

Fig. 13, a, b, c.

Fusulina sphaerica nov. sp.

Die Fig. 13 *c*, giebt die natürliche Grösse dieser, bis jetzt mir nur aus dem Bergkalk in Armenien und Azerbeidjan bekannt gewordenen Art. pag. 439.

Fig. 14, a, b, c.

Terebratula Salteri nov. sp.

Diese, in dem dolomitischen Bergkalke des paläozoischen Gebirges von Maku im Südost des Ararat vorgekommene, zu den *laeves* gehörende Terebratel, habe ich mit dem Namen des englischen Gelehrten bezeichnet, der mich mit der Selbstständigkeit dieser Species aus Armenien zuerst bekannt gemacht hat. pag. 440.

Fig. 15.

Bellerophon indeterm. pag. 439.

Aus dem Fusulinenkalke des Daralagez und der makuschen Gebirge.

Fig. 16, a, b, c.

Terebratula planosulcata? Sow.

Aus dem Bergkalke zusammen mit der *T. Salteri* in den makuschen Gebirgen.

Fig. 17.

Tentaculites indeterm.

Ich gebe hier die mit möglichster Genauigkeit gefertigte Abbildung derjenigen Exemplare der armenischen Tentakuliten, die mich veranlasst haben, an die Cephalopodennatur dieser problematischen Körper zu glauben. Das Stück der fig. 17 zeigt jedenfalls zwei verschiedene Arten; wovon die eine im Durchschnitt erscheinende unverkennbare Aehnlichkeit mit *T. scalaris Schloth* besitzt. Sandberger l. c. pag. 248, Tab. XXI, fig. 9.

Aus dem dichten devonischen Kalk zwischen Sardarak und Basch-Nuraschin am nördlichen Rande der Araxesebene pag. 438 und Tab. VII, Prof. III.

Tab. IV.

Die Directionsrose der Erhebungsrichtungen der kaukasischen, armenischen und nordpersischen Gebirge findet ihre Erläuterung auf pag. 401.

Tab. V.

Die Ansicht, welche der lithographischen Anstalt von Lémercier zum maassgebenden Versuche für die Ausführung einer Reihe von ähnlichen Darstellungen aus der kaukasischen Gebirgswelt anvertraut worden war, hatte die französische Beschreibung bereits erhalten, bevor die Aufgabe, dieselbe in das Deutsche umzuändern in Wirksamkeit treten konnte. Die Beibehaltung einer Tafel mit französischer *Legende* zur Erklärung einer deutschen Abhandlung schien mir dieser Erläuterung zu bedürfen. Die Ansicht stellt den Beobachter ziemlich nahe innerhalb der Achsenlinie des kaukasischen Hauptkammes auf dem Haupt-Gipfel der Trachytgruppe, die unter dem Namen der *montagnes rouges* oder Zitelli-Mtha oberhalb Kaschaur in ihrer vulkanischen Natur und Bedeutung zuerst von Dubois de Montperreux gewürdigt worden ist, T. IV. pag. 254. Der absoluten Höhe dieses Standpunktes von 10697 e. F. gemäss, wird ein grosser Theil der vulkanischen Durchbruchsphänomene überblickt, welche in westlicher Richtung vom Passe des Gudberges, (8030 e. F.) den die vorliegende erste Schieferwand verbirgt, die Gipfelregion des Hauptkammes in gleicher Weise wie die seines Nebenkammes charakterisiren, auf welchem sich der Kazbek erhebt. Deutlich lässt sich namentlich die Ausfüllung jenes grossen, früher bestandenen Längenthales durch eruptive Thätigkeit erkennen, welches jetzt die vulkanische Hochebene von Qeli bildet, von welcher ein bedeutender Trachytlavenstrom in das nächste südliche Parallelthal getreten ist. Die theilweise Ausfüllung dieses Thales durch einen kolossalen trachytischen Lavastrom ist von dem Eruptionskegel Syrchle-Djouari ausgegangen, der sich, einem *Puy de Chopine* in der Auvergne vergleichbar, nahe am

Schieferkamme erhebt, welcher das Djamurthal von dem oberen Thale der kleinen Liachwa trennt. Die als Eruptionskegel bezeichneten, westlich hervortretenden Gipfel gehören in die Reihe von Eruptivsystemen, die auf dem Plateau von Qeli sich bis zum Thale von Magran-Dwalethi fort erstrecken und zum Theil als Hauptgipfel dieses Theils des Gebirges in die Kammregion treten. Einen solchen Gipfel bildet der Trusso-Mtha oder Churris-Ssar. Die eruptiven Erscheinungen des Kazbek in einem kleineren Maasstabe wiederholen sich an diesem ausdrucksvollen ächt vulkanischen Kegel des Trusso-Mtha, dessen Lavastrom Gorgisthawi, bei dem Dorfe Keterisch, dem Gletscherthale von Mna gegenüber, den Thalboden von Trusso erreicht und vom Terek durchschnitten worden ist.

Tab. VI und VII.

Die auf den beiden Tafeln dargestellten Profile sind in gleichem Verhältniss der vertikalen und horizontalen Dimensionen, auf Grundlage einer von mir bearbeiteten Karte des armenischen Hochlandes nach Höhenangaben construirt, die sämmtlich Resultate meiner eigenen hypsometrischen Bestimmungen sind. Die Profile I, II, III und V entsprechen Querschnitten welche rechtwinklich auf die Hauptachse des Araxesebene gelegt, die letztere an vier verschiedenen Stellen mit einem Theile ihrer Randgebirge durchschneiden. Da wo mehrere Schnittebenen senkrecht hintereinander gestellt, die Vorstellung einer rein perspectivischen Ansicht erwecken könnten, ist daran zu erinnern, dass auch die Contouren dieser Schnitte nach dem richtigen Verhältnisse genau gemessener Meereshöhen eingetragen sind, mithin in keinem Theile der Profile durch Perspective gebotene Erniedrigung der Höhen statt findet. Da endlich die Achsenlinie des Araxesthales in seiner Erstreckung von Kagisman bis Nachitschevan mit der Haupterhebungsrichtung der armenischen Gebirge von SO.-NW. zusammenfällt, so treten in den Querschnitten I, II, IV und V auch sämmtliche Sedimentärformationen in ihren Ueberlagerungsverhältnissen und in der ihnen zukommenden Lage naturgemäss hervor. Das Profil IV versinnlicht die Lagerungsverhältnisse der Tertiärformation mit einem Theile der paläozoischen und secundären Bildungen, wie sie ein in der Richtung der so eben angedeuteten Streichungslinie geführter Längenschnitt längs des Gebirges auf der linken Seite der Araxesebene entblössen würde. Darstellungen dieser Art vermögen den Vortheil zu gewähren, dass sie ein treues Bild der Reliefgestaltung der zu beschreibenden Gegenden geben und zugleich das geognostische Verständniss derselben vollständiger vermitteln, als es die gewöhnlichen geognostischen Karten zu thun im Stande sind. Indem jedes physikalisch-geognostische Phänomen in exakten geometrisch-consruirten Durchschnitten an seine wahre Stelle tritt, kann das wichtige Moment seiner topischen Bedeutung der geologischen Gesammtauffassung mit dem ganzen Gewichte des Werthes förderlich werden, der in dem rascheren Erkennen des tieferen und nothwendigen Zumenhanges der Naturerscheinungen unter sich begründet ist. Es ist mir wohl bekannt, wie weit die hier mitgetheilten Profile in Bezug auf Construktion und besonders auf die Ausführung hinter einer gelungenen Realisirung der so eben angedeuteten Idee noch zurückbleiben. Es sind dieselben vorläufig als Versuche auf einem der Vervollkommnung fähigen Wege zu

betrachten und bedürfen deshalb nachsichtiger Beurtheilung. Meine Voraussetzung, die Profiltafeln im Farbendruck mit der Sorgfalt ausgeführt zu erhalten, wie die Probeabdrücke, welche in meiner Gegenwart und nach meiner Angabe der Farben und deren Nüancirungen zu meiner Zufriedenheit in Berlin gedruckt worden, ist durch Umstände getäuscht, welche abzuwenden meine weite Entfernung vom Druckorte leider unmöglich gemacht hat.

Tab. VIII.

Die auf dieser Tafel dargestellten Mactraformen sind bestimmt, die grosse Varietätenreihe zu versinnlichen, deren insbesondere die *Mactra deltoides* und *biangulata* fähig sind. *M. deltoides* ist dieselbe, welche Dubois, der von ihm gegebenen Abbildung.[1]) gemäss nicht entsprechend beschrieben hat. Pusch hat in seiner Geologie von Polen pag. 76 die Ansicht von Dubois über dieses Fossil besprochen und für die Ungültigkeit der von diesem Gelehrten angenommenen *M. deltoides* Gründe angeführt. Die Muschel kehrt aber mit denselben Charakteren, welche Dubois Abbildung hervorhebt sowohl bei Taganrog und Kertsch wie im Kaukasus wieder, so dass ihr ein specifisch unterscheidender Name bleiben muss, da sie weder mit *M. ponderosa* noch mit *M. podolica*, wie d'Orb. Prodrome, Tome III, pag. 100 angenommen hat, so ohne Weiteres vereinigt werden kann.

Mactra deltoides Lamk, fig. 1, 2, 3, 4, pag. 513.

M. testa obovato-trigona ventricosa, inaequilateri; concentrice striata, obtuse carinata; umbonibus prominulis; latere antico rotundato; postico subacuminato; ano vulvaque oblique sulcatis. — Impressione palleali, margini inferiori parallela nec valde propinqua, angulo recto in musculae posterioris impressionem sursum adscendente; disco palleali valde rugoso; latere postico plus minusve hiante.

Charakteristik der *M. deltoides* Dubois. — Schaale triangulär, verkehrt eiförmig; dickbauchig; ungleichseitig; sark concentrisch gestreift und auf der Lunula und dem Rückenfelde faltig; vordere Seite abgerundet; hinteres Ende stumpf gekielt uud mitunter etwas klaffend. Schloss breit und kräftig; Hauptzahn untergeordnet. Schlossgrube tief und concentrisch gestreift. Seitenzähne gross nnd bedeutend hervorstehend; Muskeleindrücke länglich, von Oben nach Unten stark prononcirt. Ein tief eingepresster Manteleindruck begränzt die gefurchte Mantelscheibe parallel dem unteren Endrande, und steigt im rechten Winkel tief einschneidend zum hinteren Muskeleindruck empor. Die rechte Schaale zeigt neben beiden Gruben für die Seitenzähne, dicht unter dem Schlossrande eine mit demselben parallel laufende Leiste. Diese Art spielt im Norden und im Süden des Kaukasus eine besonders wichtige Rolle; es scheint wohl dieselbe *Mactra* zu sein, welche südlich von Wien in grosser Häufigkeit in den Cerithienschichten vorkömmt, wie dies nach einer Anzahl Exemplaren, die ich in Wien von Herrn Hörnes erhielt, zu schliessen ist. Es finden sich dort ebenfalls mehrere Varietäten,

1) Conchiliologie fossile des Formations du Plateau Volhynie-Podolien. 1831. pag. 52, Tab. IV, fig. 5, 6.

bei welchen das Verhältniss zwischen Höhe und hinteren Längenhalbmesser schwankt; die Natur des Manteleindrucks und des Manteldiscus sind aber übereinstimmend mit der *M. deltoides.*

Sämmtliche Formen der Abbildungen auf T. VIII sind durch Capitain T. Spratt an dem pag. 514 bezeichneten Fundorte bei Baljik nördlich von Varna und bei Kustenji im Liegenden grosser Süsswasserbildungen gesammelt worden. Ein näherer Vergleich der Originale dieser Abbildungen unter sich zeigt, dass die vorhandenen Formen sich zwei Gruppen unterordnen lassen, deren Normalgestalten die *M. deltoides* und die *M. biangulata* sind.

Mactra biangulata Pusch.

Pusch. Polens Paläontologie. 1837. pag. 76, Tab. VIII, fig. 4, *a*, *b*.

Testa ovali subtrigona, inaequilatera, transversim rugoso-striata, antice rotundato sicut podolica, postice plus minusve obtuse biangulata; impressionibus muscularibus valde distinctis, palleali recta profundeque excavata; margine inferiori acuta; disco palleali laevi.

Die Muschel besitzt in einer ihrer Varietäten eine grosse Aehnlichkeit mit der *M. podolica* Eichw., allein das Epithet *biangulata*, womit sich eine immer klaffende Beschaffenheit an dem hinteren Rande verbindet unterscheidet sie sogleich von *Mactra podolica*; eben so die scharfen Muskeleindrücke mit dem tiefen grubenförmigen Manteleindrucke. In der normalen Form ist die Muschel oval bis dreiseitig, ungleichseitig, am vorderen Ende immer regelmässig abgerundet, am hinteren Ende mit stumpfer, oft doppelter Falte gekielt, abgestumpft und mehr oder minder starck klaffend. Die Schaalen sind zart, aber deutlich mit zonenartiger Unterbrechung gestreift. Die Streifen werden auf dem Rückenfelde zu starken Runzeln; die *lunula* bleibt dagegen beinahe glatt Die Stellung der etwas spitzen und übergebogenen Wirbel bedingt ein constantes Verhältniss zwischen der Höhe der Muschel und der vorderen Hälfte des Längendurchmessers. Nach einem mittleren Werthe vieler Messungen fand ich jenes Verhältniss wie 1:0,62, dagegen schwankt das Verhältniss zwischen der Höhe und der hinteren Hälfte des Längendurchmessers wie 1:0,55 und 1:0,75. Hieraus folgt, dass die Art eben so nahe gleichseitige Repräsentanten, wie solche darzubieten vermag, bei welchen der Wirbel selbst hinter der Mitte der Muschel liegen kann. Mit diesen Verhältnissen ist die ganze Varietätenreihe gegeben. Während ich in ein und derselben Thonschicht in dem Tafelberge von Tarki in Daghestan alle Varietäten deren die Art fähig ist zusammenfand, ist es bemerkenswerth, dass in anderen Schichten die dem inneren Baue der äussersten Tertiärhöhenzüge von Daghestan angehörig, sich in steil aufgerichteter Stellung befinden, immer nur ein und dieselbe Varietät d. h. diejenige angetroffen wird, bei welcher das so eben angedeutete Verhältniss zwischen Höhe und hinterer Längenhälfte wie 1 : 0,75 stattfindet. So unverkennbar auch die allmähligen Uebergänge sind, durch welche die dargestellten Formen, unter sich zu einer verwandten grossen Reihe verbunden erscheinen, so ergiebt sich doch mit Anwendung des so eben Angeführten dass die fig. 1, 2, 4, 5, 8, 10, 11, 12, 14, 17, zu der Gruppe der *M. deltoides* die Fig. 3, 6, 7, 8, 13, 15, 16, 18, dagegen zu der der *M. biangulata* gehören.

Die Uebereinstimmung dieser Formen mit den Repräsentanten derselben Arten, wie sie

in den Schichten desselben geognostischen Horizontes in der ganzen Umgebung der Krimm und des Kaukasus vorkommen, ist so gross, dass die Abbildungen der Tab. VIII sich eben so gut auf kaukasische Originale und namentlich auf solche, aus dem bisher immer irrig als aralokaspisch bezeichneten Steppenkalke beziehen könnten. Die Varietät der *M. deltoides* fig. 1, höchst wahrscheinlich gleichartig mit der *M. Vitalina* d'Orb., wird vorzüglich in dem letztgenannten Kalke sowie in den Kalken bei Derbent und Buinak gefunden. Auch die kleineren Varietäten fig. 4, 8, der *M. deltoides* fehlen in diesen Gesteinen eben so wenig wie die der *M. biangulata* sich nähernden Formen der fig. 5, 7, 11. So ist das Original der langgestreckten Varietät der *biangulata* der fig. 7 durchaus nicht von einem gleichgrossen Exemplare derselben Art zu unterscheiden welche ich in einem, aus Muschelfragmenten zusammengesetzten Kalkstein in 7200 Fuss Höhe am Schach-Dagh fand. Ein Umstand von besonderem Interesse bei allen diesen Mactren besteht darin, dass sich nur ausnahmsweise und selten, bestimmte Andeutung von dem *Sinus* des Manteleindrucks unterhalb des hinteren Muskels findet, der doch zu den bestimmenden charakteristischen Kennzeichen des *genus mactra* gehört. Selten fehlt dieser *Sinus* bei den kleinen, der Brut angehörigen Exemplaren, bei welchen überhaupt die Kennzeichen der Art fast immer auf eine schärfere Weise heraustreten wie z. B. bei fig. 17 und 18. Immer stehen die grössten Abnormitäten und Defigurationen bei den älteren Individuen mit einer monströsen Zunahme der Schaalen-Masse in Verbindung, wo sich dann ein sehr tief eingepresster Manteleindruck aber sehr selten eine Spur von *Sinus* zeigt. Schon um dieser Verhältnisse willen, wird man nie der Versuchung nachgeben können, dünnschaalige Varietäten der *M. deltoides* etwa mit der *M. semisulcata* Desh. und somit, mit lebenden Arten zu identificiren, bei welchen das charakteristische Merkmal des *Sinus* im Mantel so äusserst scharf hervortritt.

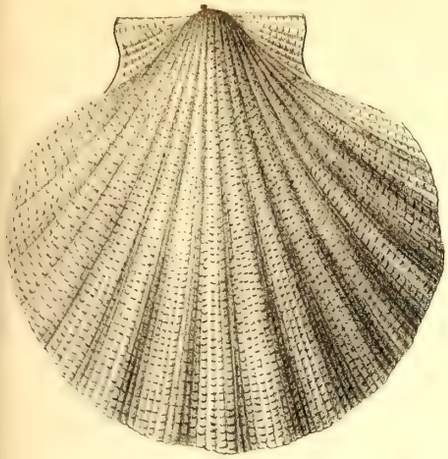
Congeria diluvii fig. 1, 2, 3, pag. 517.

Testa oblonga arcuata trigona, inflata tenui, transversim rugose striata; dorso apiceque valde carinato-gibbosa; umbonibus acutis, terminalibus arcuatis, ad marginem basalem recurvis; margine cardinali subrecto, intus profunde sulcato; cardine canaliculato.

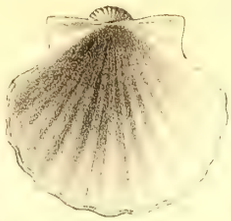
Die Muschel ist länglich oval, stark gekrümmt, von dreiseitiger Form, von einer die Hälfte der Länge übertreffenden Breite. Der scharfe Kiel, der in den spitzen, nach Unten gekrümmten Buckeln beginnt, und in seiner Erstreckung immer mehr sich abrundet, fällt steil zum unteren Rande ab und verflächt sich dagegen allmählich gegen den oberen Rand; die untere Seite erscheint bauchig, und in der Mitte mehr oder minder stark eingesenkt. Bei der *Congeria polymorpha* ist die untere Seite beinahe abgeplattet. Der schwach gekrümmte Schlossrand bildet mit der Längenachse der Muschel einen Winkel von 50 und mit dem hinteren Rande einen Winkel von 90 — 115°. Schlossrand und hinterer Rand sind von gleicher Länge. Die spitzigen Buckel biegen sich nahe an einander gedrängt an der Spitze von einander ab. Eine zahnartige scharfe Protuberanz dicht unter dem Buckel der linken Schaale greift auf der rechten Schaale in einen entsprechenden kleinen Einschnitt des Randes ein. Die Grube unter den

Buckeln für das Ligament, ist tief und geräumig bisweilen mit kleinen Auswüchen bedeckt; eine tiefe Längsfurche läuft auf dem breiten Schlossrande parallel unter dem scharfen Rande zur Aufnahme desselben fort. Die Schaalen-Oberfläche ist von den breiten Anwachsstreifen der die Muschel zusammensetzenden, ziegelartig übereinander greifenden dünnen Lamellen in sehr charakteristischer Weise concentrisch gefurcht. Die Schaalen bleiben auch bei den grössten Individuen schwach und immer dünnblättrig. Es ist nicht zu verkennen, dass sich die ganze Reihe von Formen-Abänderungen, deren diese Art fähig ist auch bei der im kaspischen Meere lebenden *Congeria polymorpha* wieder findet; indessen bedingen die geringe Dicke und lamellöse Beschaffenheit der Schaalen wie die bedeutendere Grösse derselben Eigenschaften, deren Vereinigung bei der *C. polymorpha* in gleicher Weise nicht vorkömmt.

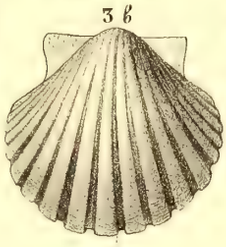
1.a.



3.a.

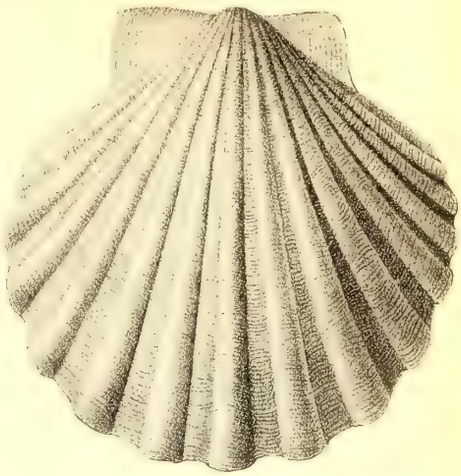


3.b

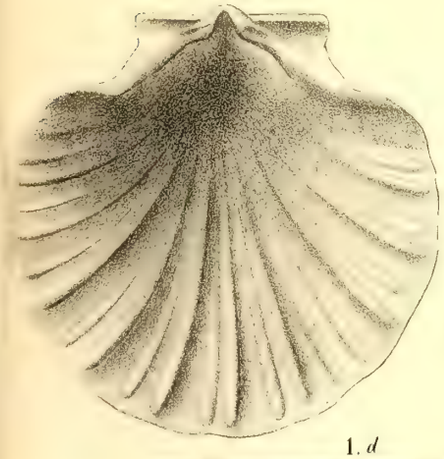


4.a.

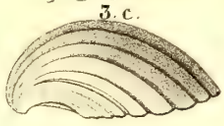
6.a.



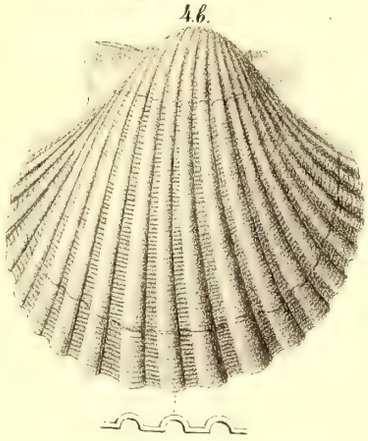
1.b.



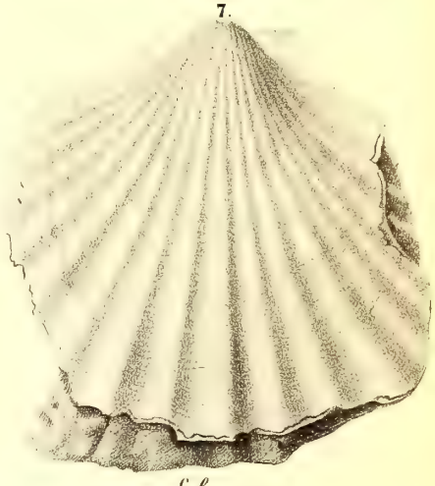
3.c.



4.b.

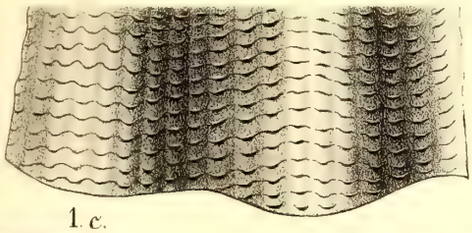


7.

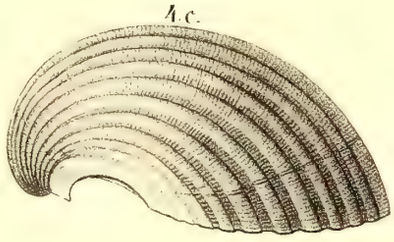


3.d.

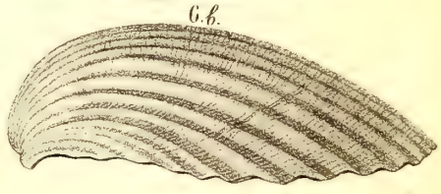
1.d



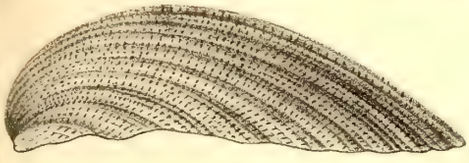
4.c.



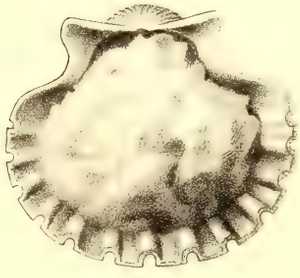
6.b.



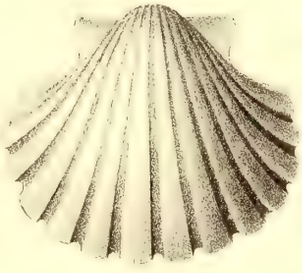
1.c.



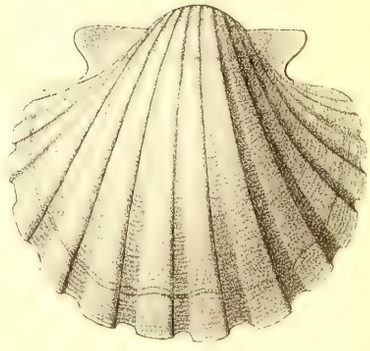
5.a.



5.b



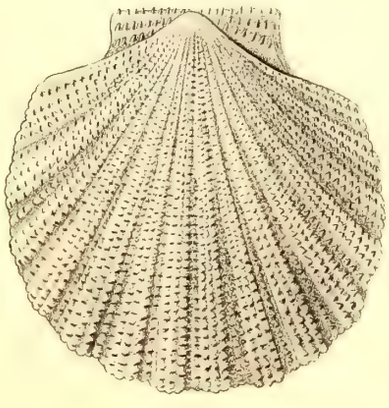
8.



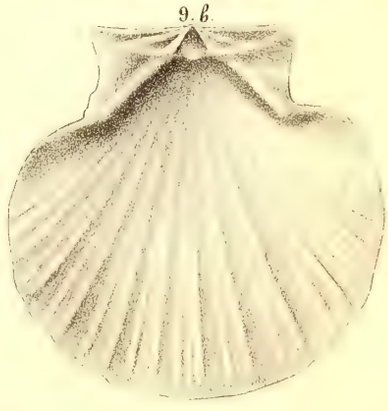
2.a.

2.b.

9.a.

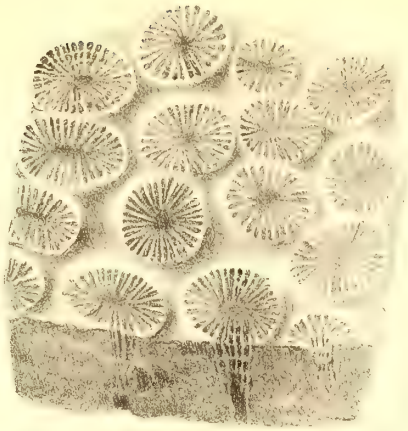


9.b.



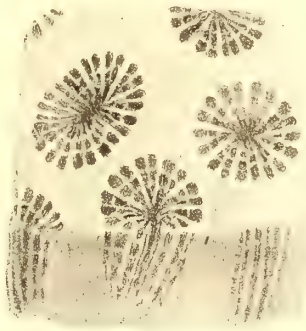
1.a.

3.a.

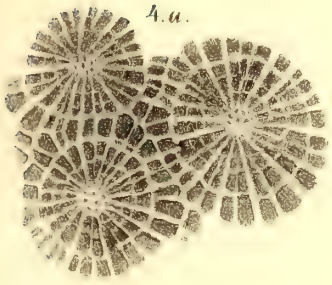


1.b.

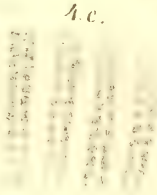
3.b.



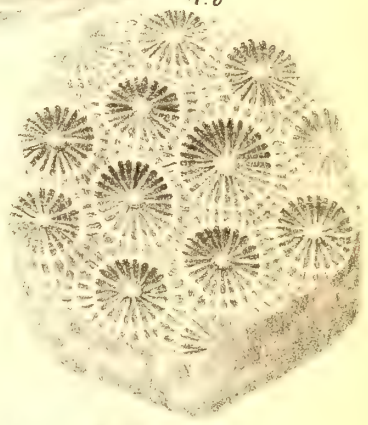
4.a.



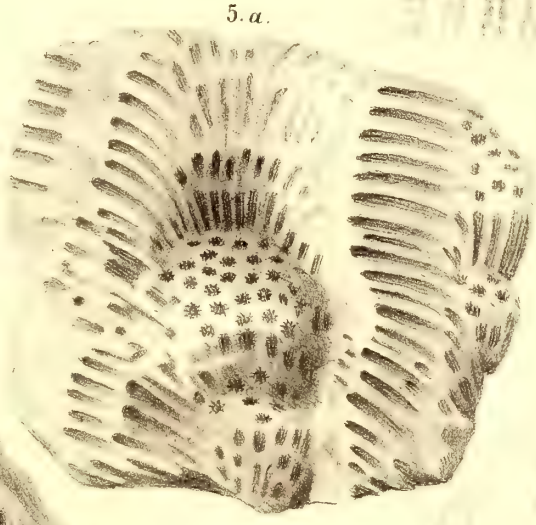
4.c.



4.b.



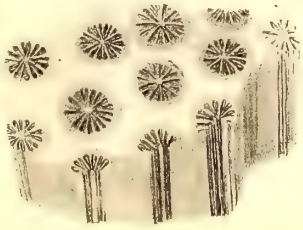
5.a.



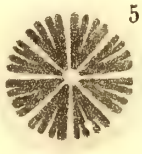
2.a.

2.b.

5.b.



5.c.

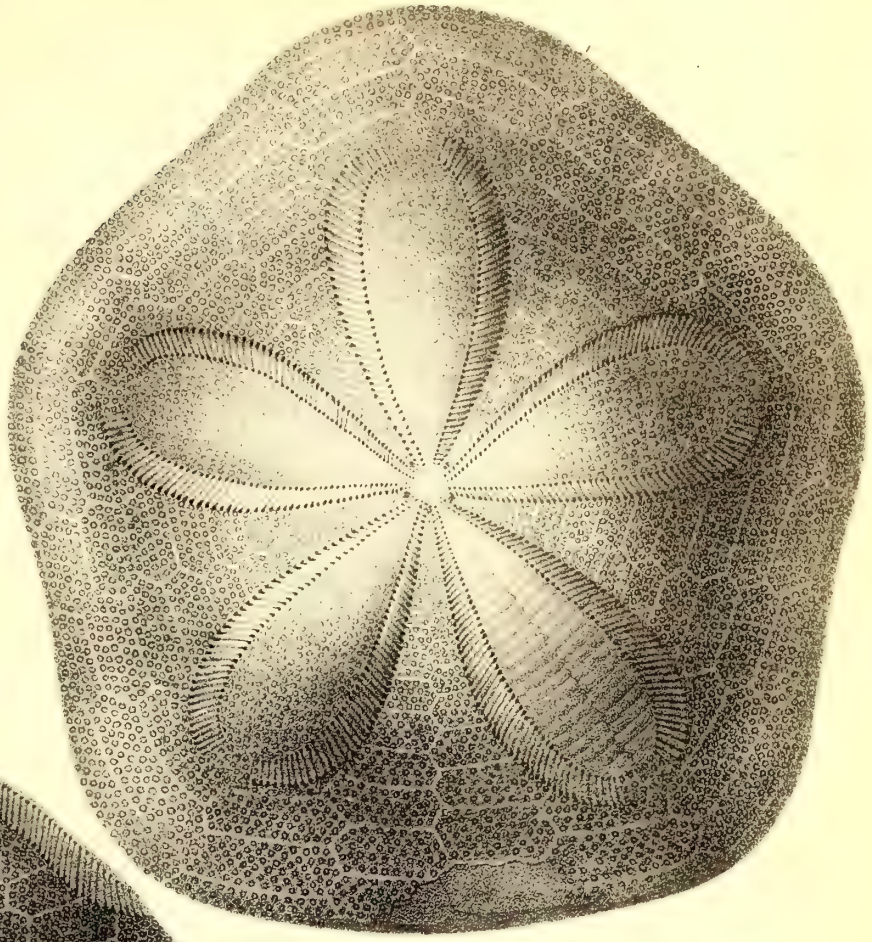


Mém. sc. math. phys. T. VII.

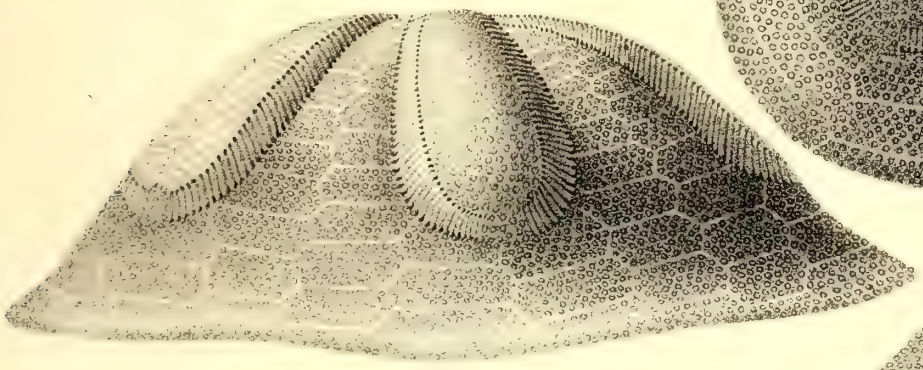
Abich. Tertiaire Fossilien aus Azerbeidjan.

1. a.

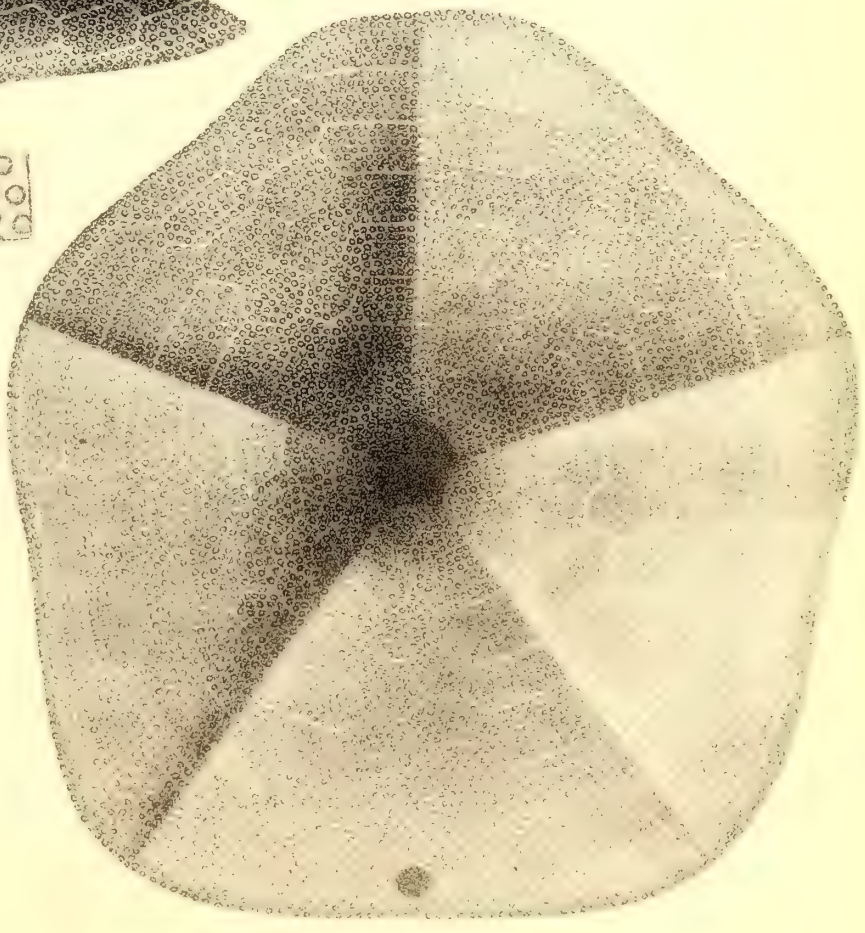
2. a.



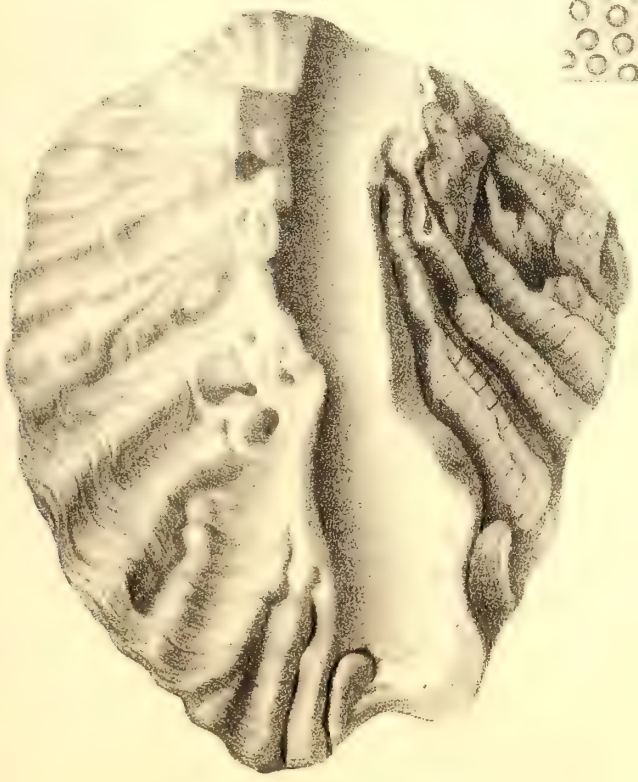
2. b.



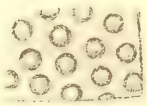
2. c.



1. b.



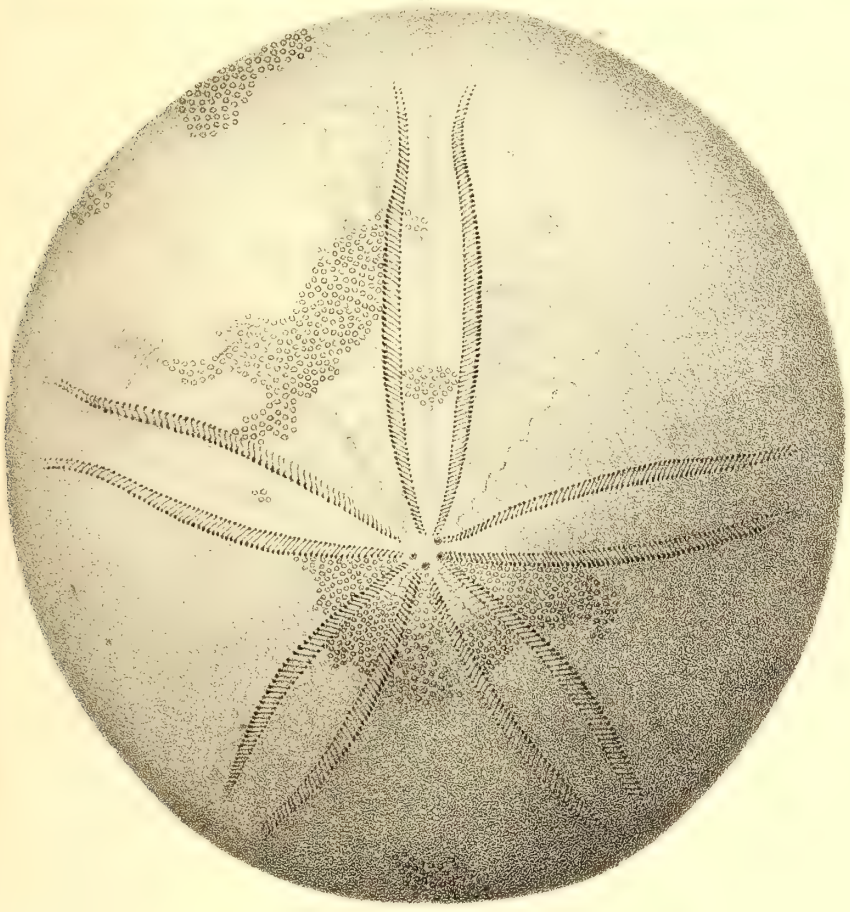
2. d.



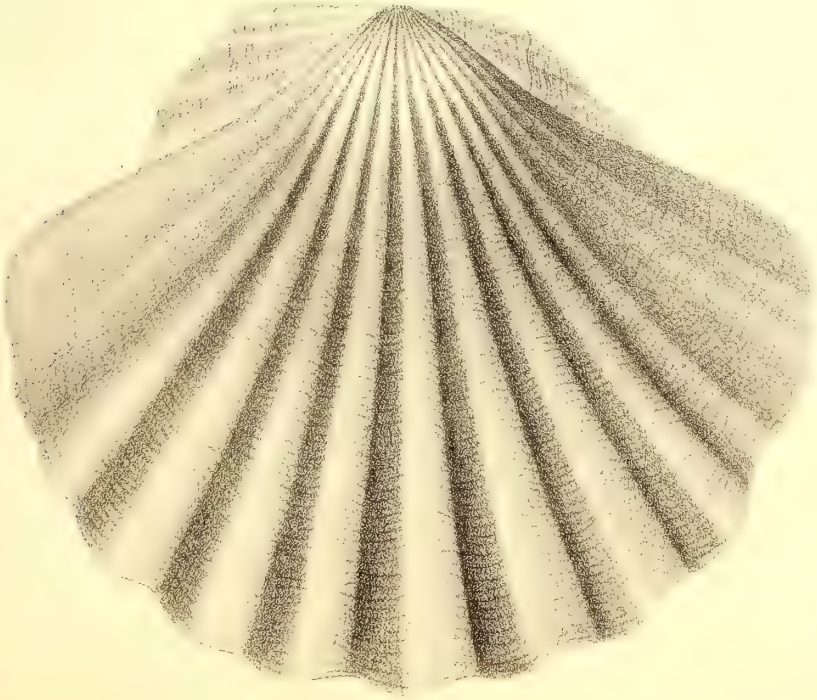
Mém. sc. math. phys. T. VII. *Abich. Tertiaire Fossilien aus Azerbeidjan.*

1. *a*

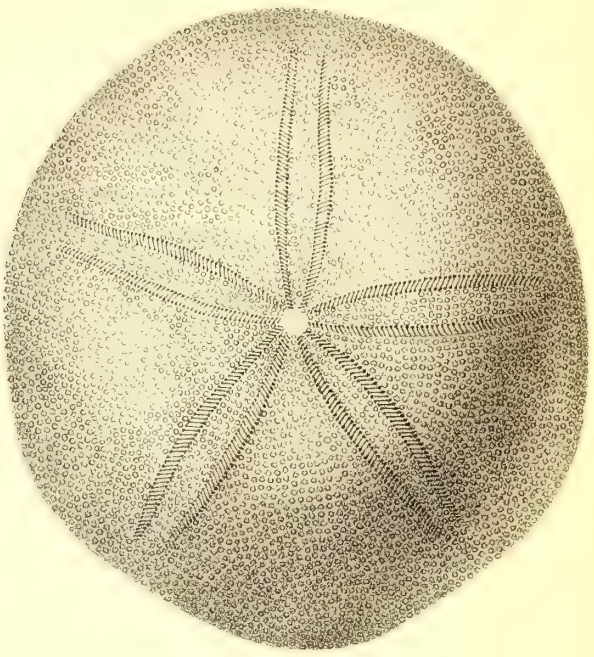
1. *b.*



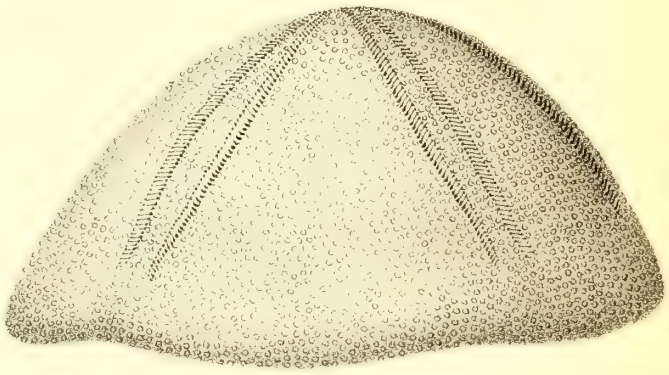
3.



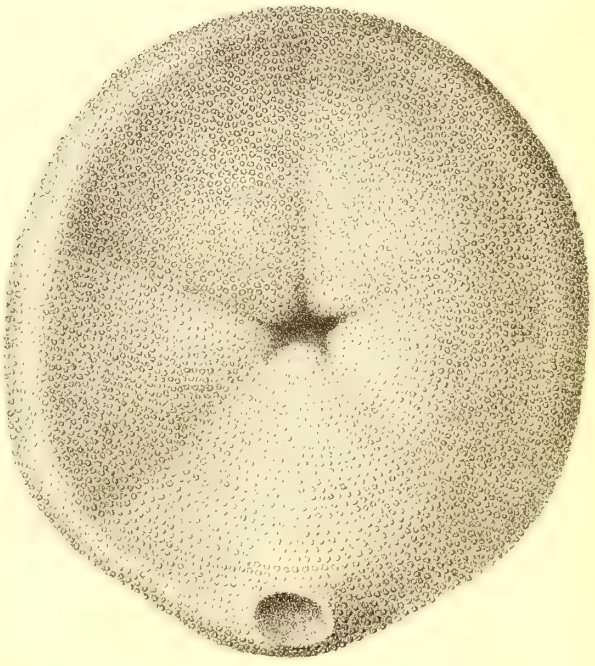
2. *a*



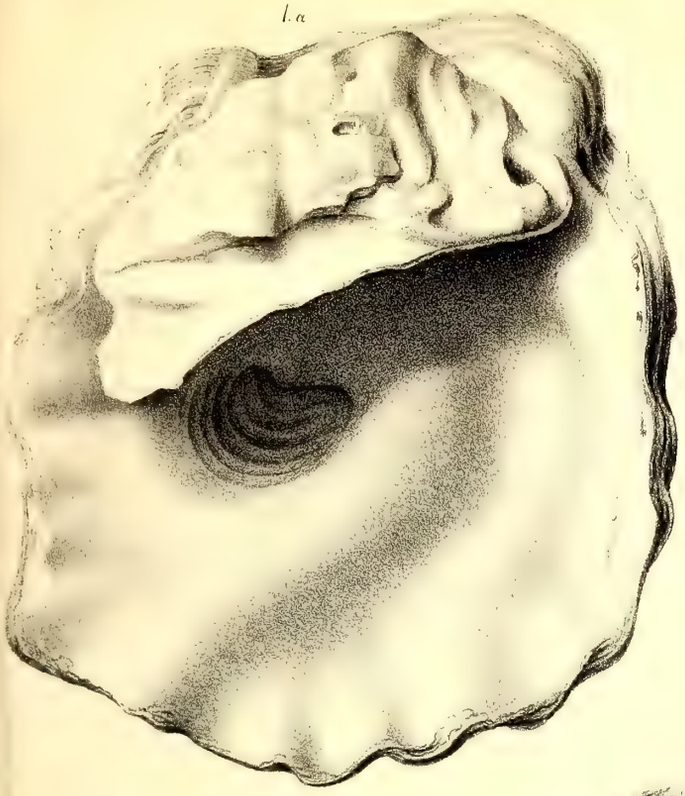
2. *b.*



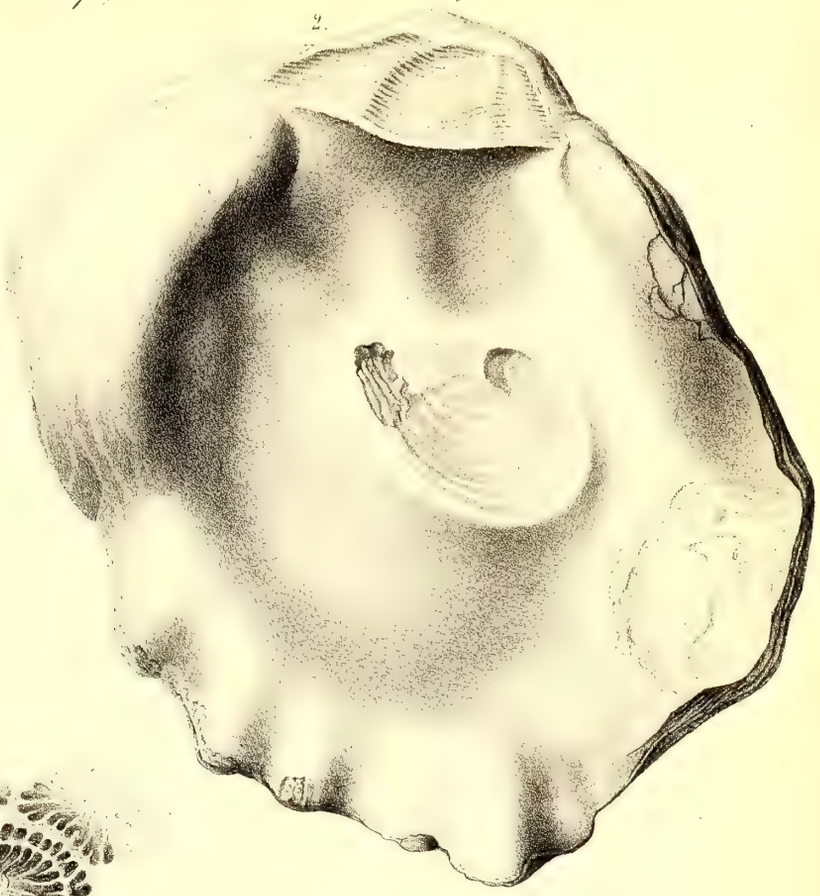
2. *c*



1.a

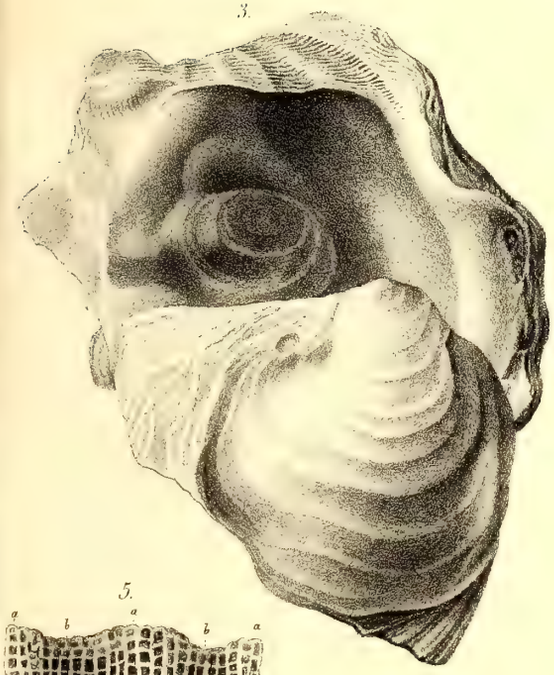


2.

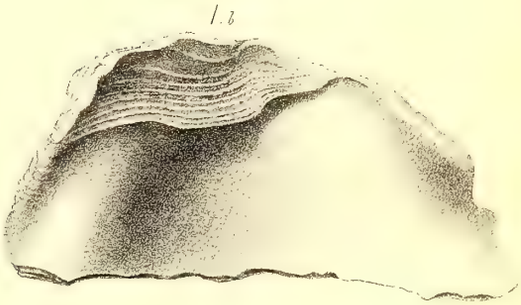


4.b

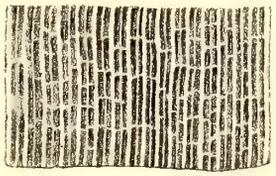
3.



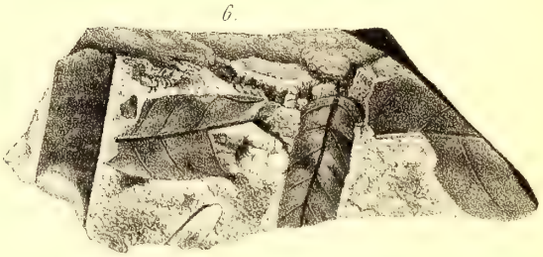
1.b



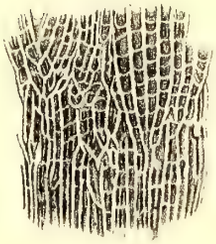
4.c



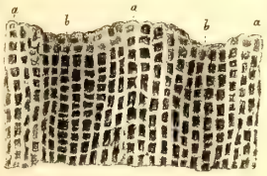
6.



4.d.

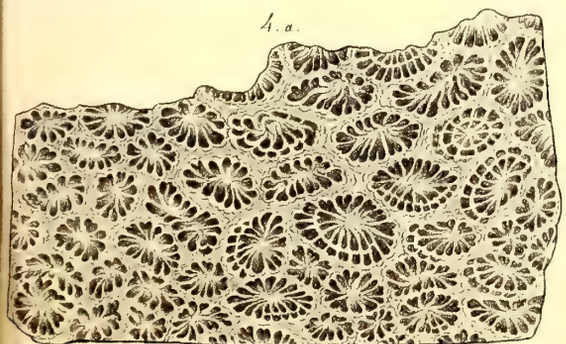


5.

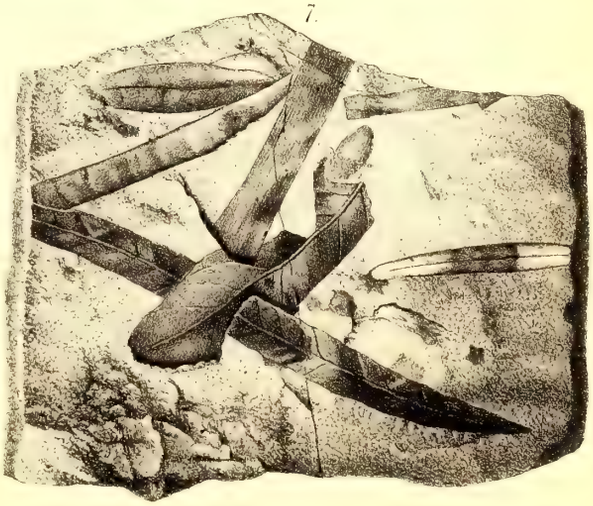


4.e

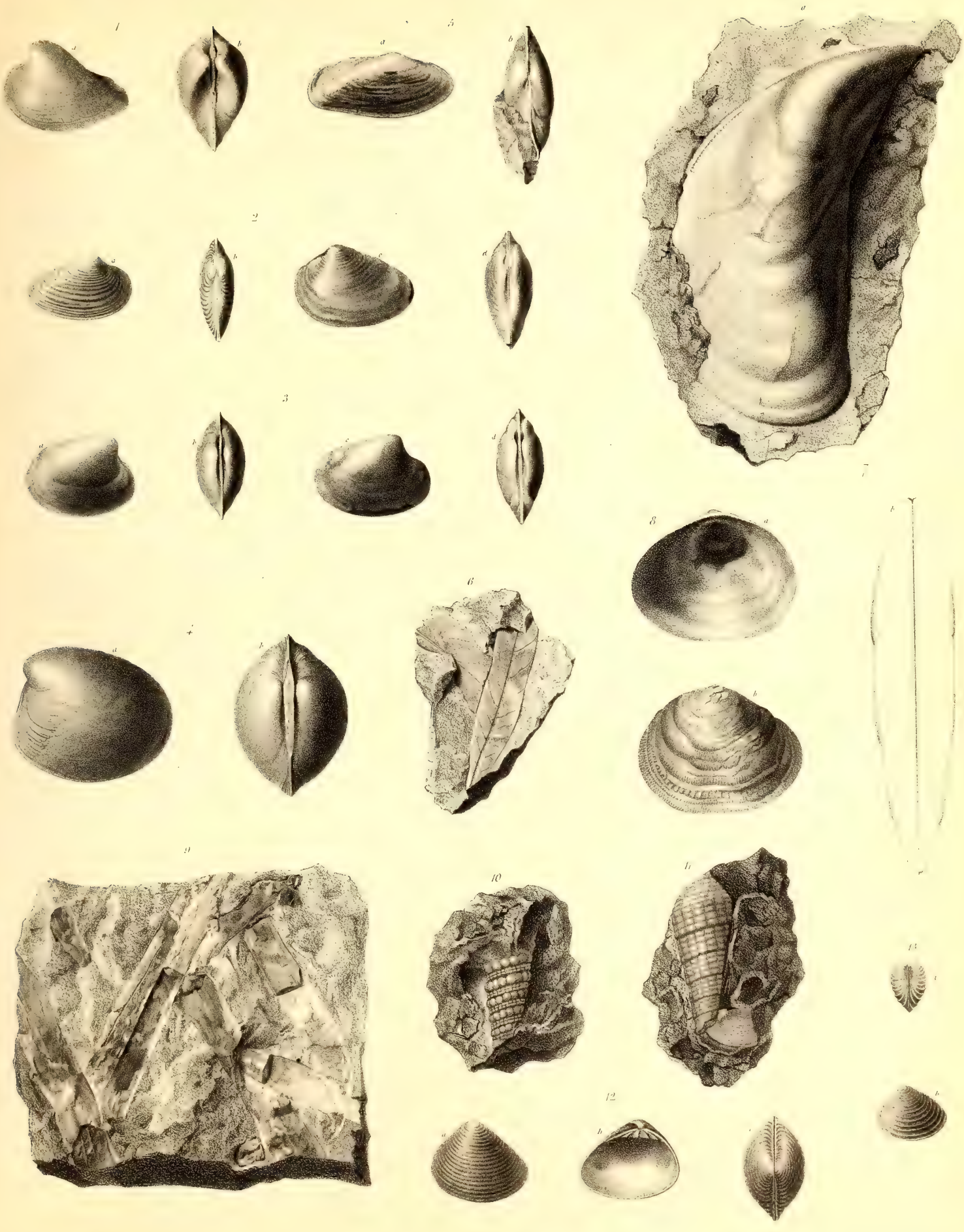
4.a.



7.



Abich Tertiairfossilien aus Armenien.

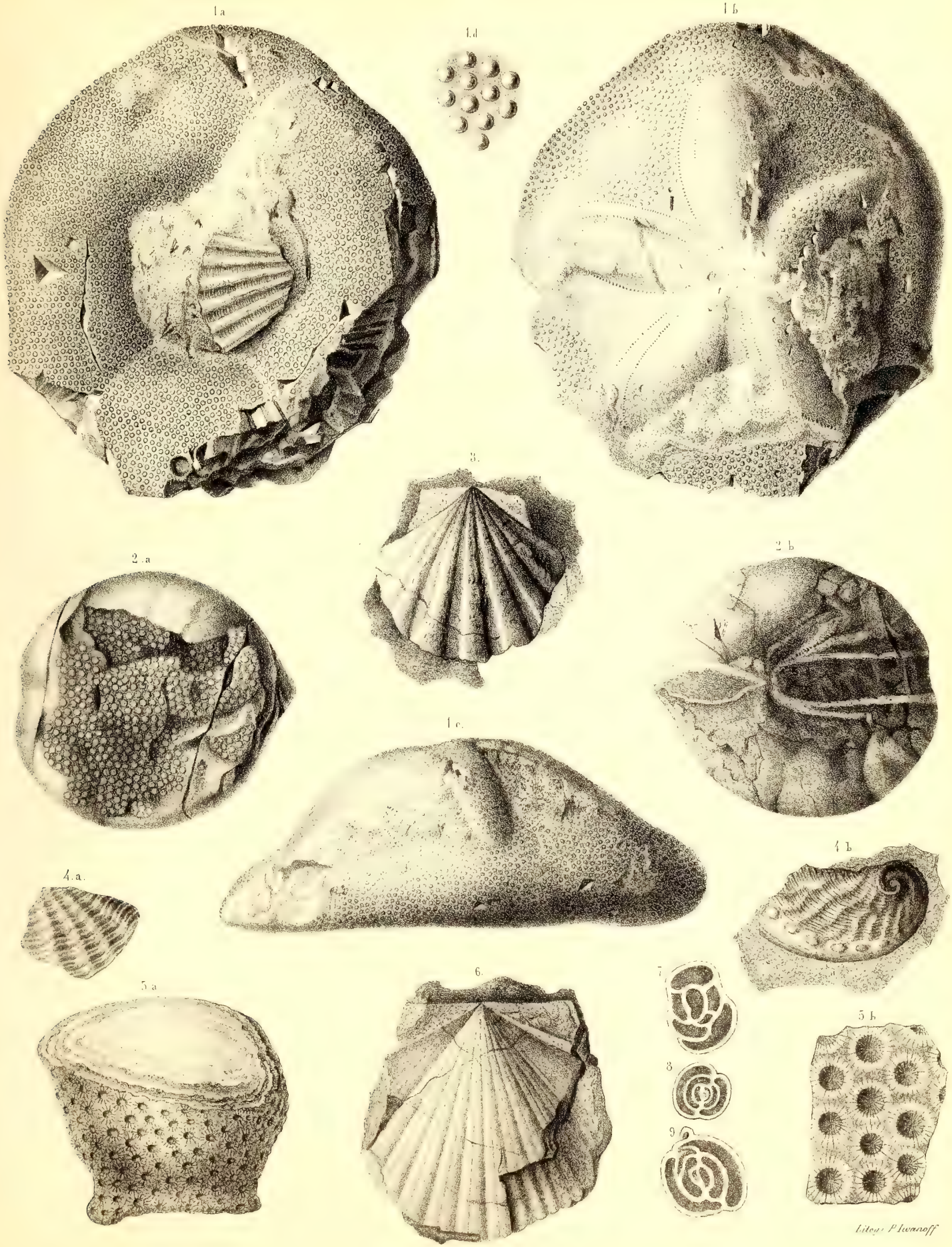


Auf Stein gez. v. N. Bronze

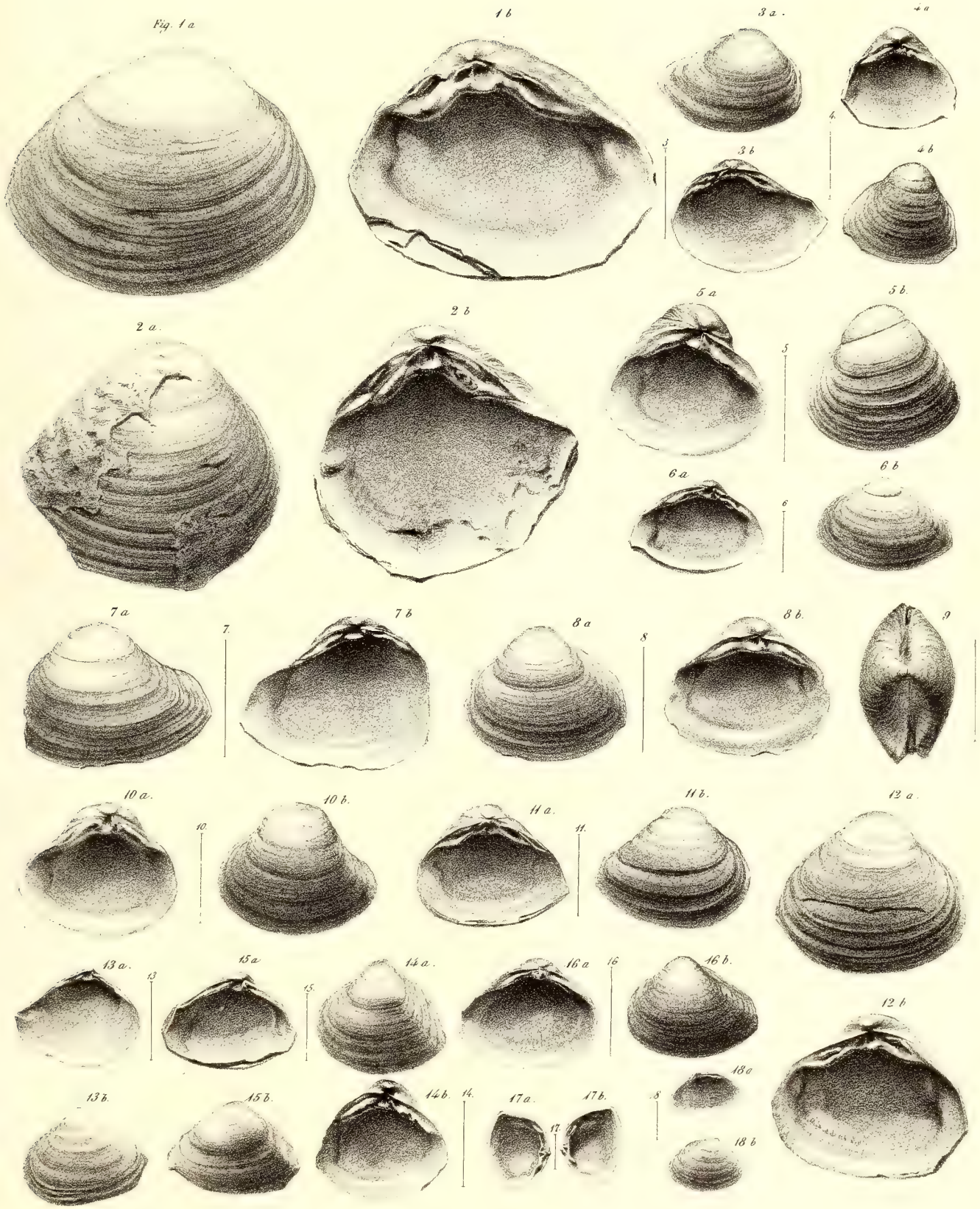
gedruckt bei B. Hundrieser

Mem: sc physic. muthem. T. VII.

Abich. Tertiairfossilien aus Azerbeidjan und Armenien.



Lith. v. P. Iwanoff



Nach photogr. Orig. gez. auf Stein v. Lindenit.

Gedr. bei R. Hundrieser.

BEITRÄGE

ZUR

PALÄONTOLOGIE

DES

ASIATISCHEN RUSSLANDS

VON

H. ABICH.

Nebst 8 Tafeln.

Vorbemerkungen.

Die Nothwendigkeit das Studium der, für das geologische Verständniss des Kaukasus so äusserst wichtigen Tertiärformation vergleichend über das südliche Russland auszudehnen, hatte mich zu einer Durchsicht alles dessen veranlasst, was die Sammlungen des Kaiserlichen Berg-Corps in dieser Beziehung besitzen und fortdauernd durch die mit Untersuchungsreisen beauftragten Mitglieder des Kaiserlichen Corps der Berg-Ingenieure erhalten. Auf diese Weise gewann ich von lokalen Suiten Kenntniss, die ganz abgesehen von dem speciellen Interesse, welches sie mir darboten neue Thatsachen begründen, deren wissenschaftliche Bedeutung die baldige Bekanntmachung derselben wünschenswerth macht. Durch die folgenden Abbildungen und die denselben vorangestellten Beschreibungen der Arten bemüht diesen Zweck zu erreichen, habe ich zum näheren Verständniss des Mitzutheilenden zu bemerken, dass diese graphisch descriptiven Darstellungen sich auf drei verschiedene Kathegorien von Objecten beziehen, die ich folgenden Rubriken unterordne:

I. Tertiär-Versteinerungen aus der Umgebung des Aralsee;

II. Kreide-Versteinerungen aus der Kirgisensteppe;

III. Pflanzenabdrücke aus der Kirgisensteppe.

Unter der ersten Nummer sind Versteinerungen begriffen, welche durch den Flotten-Kapitain Herrn Butakof bei Gelegenheit durch ihn ausgeführter Küstenaufnahmen an den Ufern des Aralsee gesammelt, wesentlich dazu beigetragen haben, der geognostischen Kenntniss des Ust-Jurt diejenige berichtigende Vervollständigung zu geben, die einen in ihrer topographischen Bestimmtheit mehr oder minder gewagten Ausdruck bereits auf den neueren, im Auslande erschienenen geognostischen Karten gefunden hat, welche Theile des asiatischen Russlands mit in den Bereich ihrer Darstellungen gezogen haben.

Die Sammlung des Herrn Butakof zeigt, dass die geologischen Perioden des Jura und der Kreide gleiche Ablagerungen zwischen dem kaspischen Meere und dem Aralsee und zwar in völlig ungestörter und regelmässiger Aufeinanderfolge mit denselben *Facien* zurückgelassen haben, wie sie im europäischen Russland bekannt sind. Weniger bekannt ist der durch untrügliche Petrefacten gelieferte Beweis, dass sich über diesen secundären Bildungen eine mächtige Reihenfolge von Schichten, theils kalkiger, theils mergliger und thonig-sandiger Beschaffenheit einstellt, welche die wichtigsten Vertreter derjenigen fossilen Organismen einschliessen, die im westlichen Europa als die am meisten charakteristischen Formen für die von d'Orbigny in Anwendung gebrachten Etagen der Tertiärformation feststehen.

Obschon die Sammlung durch keine geognostische Beschreibung oder Profile erläutert ist, nehmen alle Belegstücke doch auf einen sorgfältigen Katalog Bezug, der über die Auflagerungs-Verhältnisse und die Natur der Schichten-Aufschluss giebt. Ich führe von diesen Verhältnissen nur das zum Verständniss wesentlich Nothwendige hier an, da die Veröffentlichung einer wichtigen Arbeit des Herrn Akademiker v. Helmersen bevorsteht, worin die sämmtlichen in neuerer Zeit im asiatischen Russland gemachten geognostischen Beobachtungen kritisch bearbeitet, zu einem übersichtlichen Ganzen verbunden sein werden.

Aus den, durch Belegstücke motivirten Angaben des Herrn Butakof geht hervor, dass längs der nordwestlichen und westlichen Küste des Aralsee, von dem nördlichen Vorgebirge Kulandi bis zum südlichen Ak-Suat in Steilabstürzen natürliche Profile entblösst sind, welche die Reihenfolge sämmtlicher Formationen zu beurtheilen gestatten, die an dem inneren geognostischen Baue des Ust-Jurt Theil nehmen. Als die ältesten Bildungen welche hier zu Tage treten sind die Schichten zu betrachten, welche *Gryphaea dilatata* und *G. Cymbium* nebt ausgezeichneten wahrscheinlich neuen *Jura-Pholadomyen* einschliessen, durch welche der Horizont des *Oxfordterrain* des südlichen Russlands die Westküste des Aral mit aufnimmt. Die *Gryphaea Cymbium* welche Herr Butakof am Westufer des Aral gesammelt hat, stimmt mit den Varietäten dieser Art über ein, welche durch Hrn. Kiprijanoff von Kromie ohnweit Kursk bekannt geworden sind. Ueber den Jura-Thonen mit sphärosideritischen Concretionen, worauf die Natur des die *Pholadomyen* petrificirenden Gesteins deutet, welche noch ihren natürlichen Perlmutterglanz bewahrt haben, wird die obere Kreide durch eine *Facies* angedeutet, die *Exogyra Columba*; — *Ostrea vesicularis*; — *Belemnitella mucronata;* — *Ananchites ovata;* — *Terebratula carnea;* — *T. semiglobosa*; — *Spatangen* und *Zoophyten* charakterisiren.

Ueber diesen Bildungen, welche die *étage callovien* des Jura und die *étage sénonien* der Kreide von d'Orb. andeuten, hat die älteste Tertiärzeit, allem Anschein nach, in ungestörter Aufeinanderfolge ihre mineralogisch äusserst mannigfaltig constituirten Ablagerungen mit einer grossen Vollständigkeit und mit Bewahrung ihrer westeuropäischen *Facien* ausgebreitet. Diese Constanz in den Typen ist um so interessanter, als die Repräsentanten dieser eocänen Periode im südlichen Russland bisher immer nur sehr vereinzelt gefunden sind und die Wahrscheinlichkeit eines allmähligen Ueberganges in eine fremdartigere Molluskenfauna nach jenen östlichen Fernen manche Gründe für sich hatte. Da sich meine Untersuchungen vorzugsweise nur

auf diesen Theil der Butakofschen Sammlung gerichtet haben, der die eocänen Formen begreift, und es von Wichtigkeit ist, die Natur und das gegenseitige Lagerungsverhältniss der Schichten zu kennen, welchen die in dem Folgenden abgehandelten Arten angehören, so unterscheide ich die Schichten hier durch Initialen auf welche, als auf die Fundorte der specifisch hervorgehobenen Art, später Rücksicht zu nehmen sein wird. Die Lokalitäten, welche die Mehrzahl der beschriebenen Arten geliefert haben, finden sich hauptsächlich im nordwestlichen und westlichen Küsten- und Inselgebiet des Aralsee. Die Hauptpunkte liegen im Norden zwischen den weit in das Meer hineintretenden Halbinseln: Kuch-Aal und Kulandi, den Vorgebirgen Kum-Suat, Aktum-Suk, Isendé-Aral, wie auf den Inseln Barsa-Kylmas und Swätoi-Nicolai; an der Westküste dagegen sind es die Vorgebirge Ak-Tumsuk in der unteren Hälfte des Meeres und Ak-Suat am Eingange zu dem weit nach Süden hinunterziehenden Aybugirskischen Meerbusen. In jener nordwestlichen Region der langgedehnten Halbinseln und der Küsten genäherten Inseln, scheinen die versteinerungsreichen Kalke der Senonbildungen die durchgängig zur Sichtbarkeit tretende Unterlage der Tertiärformation zu bilden, während die jurassischen Schichten vorzüglich an der Westküste zum Vorschein kommen. Der isolirt als Rollstück am Vorgebirge Aktum-Suk gefundene, auf pag. 562 näher beschriebene *Nautilus* überrascht hier durch seine Aehnlichkeit mit dem *Nautilus danicus*, dem Hauptvertreter der *étage danien* von d'Orbigny. Nicht minder unerwartet sind nummulitenführende Schichten als Vertreter der *étage suessonien*. Dieses Nummuliten-Terrain besteht, nach den Handstücken und Angaben des Butakofschen Katalog zu schliessen, aus folgenden drei Gliedern:

a. Ein durch sandigen Limonit verkittetes, rost- und ockerfarbiges bituminöses Brecciengestein, aus Trümmern metamorphosirter, mitunter oolithartige thoniger Brauneisensteine und eisenschüssiger kalkiger Sandsteine zusammengesetzt, welche viele zerbrochene Schaalen von *Ostrea vesicularis*, derselben Varietät wie sie bei Kursk vorkömmt, nebst einer ausserordentlichen Menge von Foraminiferen einhüllen, unter welchen das Genus-Nummulites in zwar kleinen, aber sehr deutlichen Formen bestimmbarer Arten vorherrscht. Sehr bemerkenswerth ist es, dass dieses Brecciengestein, von einiger Aehnlichkeit mit gewissen Varietäten des bei Kursk von Kiprijanoff entdeckten Osteolith, aber ohne kohlige und huminartige Bestandtheile zu enthalten wie jenes merkwürdige, durch seine Kreide-Versteinerungen, Saurier und Fischreste charakterisirte Gestein, sparsame Fragmente von Knochen einschliesst, deren Struktur auf Reptilien zu deuten scheint. An solchen Stellen, wo durch atmosphärische Einwirkung die Oberfläche dieser ziemlich festen und zähen Felsart cavernös angewittert ist, zeigen sich die kleinen in gelblichen Kalkspath verwandelten Organismen bisweilen halb oder ganz frei an der Oberfläche festhaftend. Indessen ist zu bemerken, dass die grobkrystallinische Beschaffenheit dieses Kalkspathes die genaue Erkennung der inneren Struktur bei diesen kleinen Fossilien unter dem Mikroskop sehr erschwert.

b. Ein halbharter, beinahe mergelartiger, immer aber krystallinischer Nummulitenkalk, der in mineralogischer Beziehung einige Aehnlichkeit mit der weichen mergelartigen Va-

*

rietät des Nummulitenkalkes der Krimm besitzt. Grösstentheils nur aus Nummuliten von 2 bis 3 millim. Durchmesser zusammengesetzt. Das Gestein ist einiger Politur fähig.

c. Ein fester marmorartiger, ausgezeichnet reiner Nummulitenkalk, sehr politurfähig und buchstäblich nur aus Nummuliten, verschiedener Species zusammengesetzt, welche in einer späthigen Grundmasse, dicht aneinander gedrängt, auf den Flächen des angeschliffenen und polirten Gesteins gleichsam zu schwimmen scheinen. Mitunter werden in diesem Kalke etwas grössere Nummuliten von 4 bis 5 millim., aber von sehr geringer Dicke wahrgenommen. Dieser Nummulitenkalk wird von der Südspitze Isendé-Aral der Halbinsel Kulandi und bei Aktum-Suk, wie auf den Inseln angeführt.

Ueber der Kreide und den Nummulitenkalken werden von den Vorgebirgen Kum-Suat, und Aktum-Suk, wie aus dem Thale Kara-Tasckak am Westufer, und am Vorgebirge Isendé-Aral, eisenreiche röthliche Thone, grünliche Thone und feste Mergel, Bolus, Gyps und gypsreiche Thone, grobe Kalke und Mergel im Liegenden von Klebschiefern, *argiles feuilletées* und Sand mit Braunkohlenschichten von 11 bis 12 Zoll Mächtigkeit angegeben. Solchen Schichten gehören drei verschiedene Lagerstätten an, auf welchen die Mehrzahl der abgebildeten und beschriebenen Fossilien gefunden ist. Eine dieser Lagerstätten:

d. stellt einen grauen, äusserst zähen und festen, etwas bituminösen sandigen Kalkstein vom Vorgebirge Kum-Suat dar, welcher mitunter beinahe das Ansehen eines feinkörnigen Quarzfels besitzt. Er ist durchaus erfüllt mit wohlerhaltenen Versteinerungen, die zum Theil in weissen Kalkspath verwandelt worden, zum Theil aber noch wohl erhaltene, so wenig veränderte Schaalen zeigen, dass die Spuren der ursprünglichen Färbung der Conca hier und dort noch erhalten sind. Manche der lose gefundenen Fossilien sind durch die noch anhaftende, oder hohle Räume der Schaalen ausfüllende Steinmasse auf dieses Gestein zurückzuführen, von dem es wahrscheinlich ist, dass dasselbe keine völlig zusammenhängende Schicht, sondern nur nesterartige flache Concretionen in thonigen Lagern bildete. Nach Auflösung in Salzsäure bleibt eine bedeutende Quantität von Quarzsand mit glaukonitartigen Körnern gemengt zurück.

e. Eine aschgraue und grünliche, ebenfalls sehr zähe, kalkige, beinahe cämentsteinartige Mergelvarietät, festere Ausscheidungen in grünlichen plastischen Thonen bildend; ist gleichfalls der Träger von Versteinerungen die einem Horizonte wie die angehören, welche die Felsart *d.* einschliesst.

f. Sandiger Thon und Sand in Verbindung mit lockeren thonigen Mergeln, und eisenschüssigen Sanden sind die Träger aller der Versteinerungen, welche keine Spur von anhaftender Felsart zeigen, die das Petrefakt eingeschlossen haben könnte. Auch diese Schichten, welche dem Anscheine nach, viele und grosse Fossilien beherbergen, fallen mit den beiden vorhergehenden in einen geologischen Horizont.

Unter der zweiten Nummer sind einige interessante Kreide-Versteinerungen begriffen, die in der Sammlung welche Herr Kowalewsky von seinen Reisen durch die Kirgisensteppe und in die nördlichen Gegenden des Ust-Jurt, ohne nähere Angabe der Fundorte mitgebracht hat, meine Aufmerksamkeit um der grossen Aehnlichkeit willen erregten, welche

diese Fossilien mit charakteristischen Formen des Gault im westlichen Europa zeigen. Diese Aehnlichkeit, welche sich bei näherer Untersuchung bis zum Erkennen specifischer Uebereinstimmung bei zwei dieser Arten mit europäischen steigerte, entspricht auch die mineralogische Natur der Felsart, die aus einem lichtgrauen, sehr feinkörnigen, thonigen Kalkstein besteht, dem feine Grünsandkörner beigemengt sind. Da Fossilien dieser Species meines Wissens aus der russischen Kreideformation noch nicht beschrieben worden sind, und durch dieselben für die Aralumgebung gewissermassen die Lücke ausgefüllt wird, welche das Fehlen der Vertreter unterer Kreidebildungen in der Sammlung des Herrn Butakof gelassen hat, so wird die Bekanntwerdung derselben nicht unwillkommen sein können. Möge das Interesse der Sache den formell störenden Umstand übersehen lassen, dass sich Kreideformen auf einer Tafel eingeschlichen haben, deren Devise ausschliesslich nur Tertiärfossilien die Aufnahme hätte gestatten dürfen.

Die dritte Nummer umfasst eine Suite von ausgezeichnet schönen Pflanzenabdrücken aus tertiären Schichten. Sie wurden durch den, für besondere Zwecke bei der Berg- und Hütten-Verwaltung in Orenburg thätigen Capitain des Corps der Kaiserlichen Berg-Ingenieure Alexander Antipof in dem südlichen Theile der Kirgisensteppe bei Gelegenheit der Recognoscirung eines, von dem Genannten daselbst aufgefundenen Braunkohlenlagers im vergangenen Jahre gesammelt und in völlig unversehrtem Zustande nach St. Petersburg geschickt. Die geographische Lage der Oertlichkeit, an welcher das Ausgehende eines Braunkohlenlagers von wahrscheinlich ausserordentlich grossem Umfange in der Kirgisensteppe zuerst aufgefunden worden ist, liegt, mündlichen Nachrichten des Herrn Antipof zu Folge, etwa unter 84°40′ der Länge und 49°45′ der Breite; 30 Werst südlich vom Flusse Kara-Turtschai in der Nähe der Quelle Яръ-Куё, 96 Werst östlich von der Orenburgischen Festung. Das Ausgehende der Kohlen zeigt sich am Fusse einer jener häufigen *Falaisen*, durch welche tafelförmige Abstufungen im Gebiete der Steppe, mitunter über sehr weite Räume sich ausdehnend, zu einem niedrigeren Niveau abfallen. Das Sohlgestein des Kohlenlagers ist ein bläulicher plastischer Thon; das Dachgestein besteht aus lockeren Sand, in welchem Lager und nesterförmige Einlagerungen eines äusserst feinen thonigen Mergel vorkommen, der mit den Abdrücken von Blättern erfüllt ist, deren Lage und Beschaffenheit zeigt, dass die Ablagerung dieser Pflanzenreste unter äusserst ruhigen Bedingungen in einem Seebecken statt gefunden hat, welches von süssem Wasser eingenommen wurde. Der Abdruck einer *Anodanta* von sehr grossen Dimensionen auf einem der Handstücke enspricht dieser Voraussetzung.

Die Kohle ist lignitartig, von vortrefflicher Qualität, und es scheint dass man von derselben wird Gebrauch machen können, um die Aufarbeitung silberhaltiger Bleierze möglich zu machen, welche in einer Entfernung von 160 Werst südöstlich von dem Kohlenfundort am westlichen Abfalle der Erhebungen des Arganati und Kujandi-Tau im Quellengebiete des Kara-Turtschai unter 49° 16′ geographischer Breite kürzlich aufgefunden worden sind.

Die Blätterabdrücke in dem hellen Thonmergel von Яръ-Куё zeigten eine auffallende Aehnlichkeit mit solchen Arten, welche in der *Flora Helvetiae* von Heer beschrieben und ab-

gebildet worden sind, auch stimmten einige derselben befriedigend mit den Abdrücken entsprechender Arten von Oehningen überein, wie sie die reichhaltigen, durch Herrn Heer dem Kaiserlichen botanischen Garten und der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zugekommenen Sammlungen von öhninger fossilen Pflanzen darbietet.

Diese Wahrnehmung bestimmte mich die sehr gelungenen, indess angefertigten Zeichnungen aller vorhandenen Arten aus Яръ-Куё an Heer nach Zürich mit der Bitte um nähere Prüfung zu schicken. Durch die baldige Erfüllung dieses Wunsches bereicherte Herr Professor Heer die Geognosie des asiatischen Russlands mit einer ganz neuen und auf das lebhafteste zu weiteren Forschungen auffordernden Thatsache, die ihr Begründer mit folgenden Worten brieflich einleitet. «Mit Ueberraschung habe ich gesehen, dass fast alle Arten mit tertiären *Specien* des mittleren Europa übereinstimmen. Durch diese schöne und wichtige Entdeckung geht uns im fernen Asien ein ganz neues Licht auf, das uns über Verbreitung tertiärer Pflanzen, wie über die früheren Verhältnisse unserer Erdoberfläche, sehr wichtige Aufschlüsse bringen wird. Ich bin daher auf die weiteren Ergebnisse dieser Nachforschungen die gewiss noch viel Neues liefern werden, sehr gespannt.» Die Beschreibung unter der Rubrik III. Pflanzenabdrücke aus der Kirgisensteppe so wie die an dieselbe geknüpften Schlussbemerkungen sind als wörtliche Wiedergabe der so überaus schätzenswerthen erläuternden Mittheilungen von Heer zu betrachten.

Beschreibung der Arten.

I. TERTIAER-VERSTEINERUNGEN AUS DER UMGEBUNG DES ARALSEE.

ACEPHALEN.

OSTREA CYMBULA. Lamk.

Tab. V. fig. 1, a, b.

Goldf. Petref Germ. T. II, pag. 14, Tab. 76 fig. 5.
Nyst, Coq. et Polyp foss de Belgique pag. 321, Tab. 27. fig. 2?

Goldfuss beschreibt pag. 16 loco citato eine Ostrea aus der Molasse die er *palliata* nennt und Tab. LXXVII. fig. 4 abbildet, die einige Aehnlichkeit mit der vorliegenden Art besitzt, aber sowohl durch Anzahl, wie Natur der Falten sich von ihr unterscheidet. Will man hier keine neue Art voraussetzen, und nicht in diesem Fossil etwa eine Abart der nächstfolgenden Nummer *O. ventilabrum* annehmen, so verdient die unverkennbare verwandtschaftliche Aehnlichkeit

mit der *O. cymbula* Lamk. hier die nächste Berücksichtigung. Beschreibung und Abbildung, insbesondere die fig. *d*, *e*, und *f* bei Goldf. l. c. würden selbst der Annahme entschiedener Identität bei weitem mehr das Wort reden können als die Abbildung, welche Nyst von der *O. cymbula* aus dem *terrain bruxellien* von Dumont giebt. Nyst selbst scheint an der Identität seiner Art mit der von Goldfuss zu zweifeln. Dass die Muschel nicht dieselbe sein kann, welche Deshayes pag. 367, I, pl. 53, fig. *g*, 2, 3, 4 abbildet, ist gewiss. Indessen befinden sich unter mehreren fragmentarischen Doubletten der, Tab. V, fig. 1 abgebildeten Art einige, welche eine bei weitem grössere Annäherung an die *O. cymbula* von Deshayes und insbesondere die Charaktere der Schlossrinne sehr deutlich zeigen, die bei dem Tab. V, fig. 1, 6 abgebildeten Exemplare durch Abreibung zum Theil verloren gegangen sind. Das Fossil ist aus Schicht *d*. Die *O. cymbula* Lamk. gehört in die *étage parisien* von d'Orbigny.

OSTREA VENTILABRUM Goldf.

Tab. V, fig. 2, *a*, *b*.

Goldf. Petref. Germ. T. II, pag. 13. Tab. 76, fig. 4, *a*, *b*, *c*.
Nyst, Coq. et Polyp. foss. de Belgique pag. 320. Tab. 29, fig. 2, *a*, *b*.

Beschreibung und Abbildung, welche Nyst l. c. von der *O. ventilabrum* giebt, machen die Identität dieser Art mit der vom Aralufer einigermassen wahrscheinlich. Das: *O. testa oblonga, incurvata, umbone affixa*, so wie das; *valva inferiore fornicata plicata, plicis radiantibus, dichotomis, rugoso-squamosis* stimmt vollkommen. *La surface cardinale limitée de chaque côté par un sillon étroit et peu profond* ist gleichfalls hinlänglich angedeutet; eben so der als: *grande, semilunaire et très prononcée* bei Nyst bezeichnete Muskeleindruck. Auch der bei Goldfuss fig. 4, *a* abgebildete Schlosstheil der *O. ventilabrum* entspricht dem gleichen Theile des Originals besser als dies in der Abbildung Tab. II, fig. 2, *b* der Art vom Aral zu erkennen ist. Die Vereinigung dieser *Ostrea* mit der *O. Bellovacina* von Deshayes scheint mir nicht zulässig. Besonders widerspricht dem das *testa ovato-cuneata* und besonders das *valva majore squamoso-foliacea*. Von *O. cymbula* ist die durch *testa oblonga incurvata* hinlänglich bezeichnete Aral-Art durch das *testa ovato-oblonga* geschieden. Indessen kann die Unterscheidung beider Species mitunter doch schwierig werden, sobald die gewöhnliche länglich-grade Form der *Cymbula* eine Krümmung annimmt. Das abgebildete Exemplar ist aus der Schicht *f*. Die *O. ventilabrum* gehört in die *étage falunien* von d'Orb. oder das tongrien von Dumont, wäre mithin eine ächte Molassenmuschel.

OSTREA VIRGATA Goldf.?

Tab. III, fig. 4.

Goldf., Petref. Germ. T. II. pag. 15. Tab. 76, fig. 7.
Nyst, coq. et Polyp. foss. de Belgique, pag. 323. Tab. 28, fig. 2, *a*, *b*.

Die Hauptkennzeichen der Art bei Nyst, *testa ovata, vel cuneiformi, obliqua; plicis crebris, angustis dichotomis; umbone producto*, stimmen gut mit dem, allerdings durch Druck entstellten

Fossil vom Aral aus der Schicht *d.* Nicht minder spricht die Aehnlichkeit, welche die Abbildung der *O. virgata* bei Goldf. mit der Art vom Aral zeigt, für eine Identität beider Species, soweit überhaupt die Bestimmung eines unvollkommnen Exemplars zulässig ist. *O. virgata* wird von d'Orb. in die *étage parisien*, von Nyst in das *syst. tongrien* gestellt.

CARDIUM SEMIGRANULATUM Sow.

Tab. III, fig. 3, *a, b.*

C. semigranulosum Sow. min. Conch. pl. 144.
» » Desh. Coq. foss. des env. de Paris, T. I, pag. 174, No. 12, pl. 28, fig. 6, 7.
C. semigranulatum Nyst, Coq. et polyp. foss. de Belgique, pag. 189, pl. 14, fig. 5, *a, b.*

Beide Abbildungen, welche Deshayes und Nyst von dieser Art gegeben haben, stimmen gut mit dem Exemplare vom Aral. Allerdings sind manche Charaktere durch Abreibung verloren gegangen, allein die Species ist zu bezeichnet um verkannt werden zu können. Die Beschreibung von Nyst passt, so weit die Theile sichtbar sind, Wort für Wort. Nicht wohl verständlich ist es wie es bei Nyst im Widerspruch mit der Abbildung heissen kann: *La surface est partagé en deux étages égales*, da doch der mit starken Falten bedeckte hintere Theil nur den vierten Theil der Oberfläche einnimmt; Deshayes sagt von dieser Art: *sa surface extérieure est aussi partagée en deux parties inégales* etc. Dies *C. semigranulatum* aus der Schicht *d.* wird von d'Orb. in die *étage parisien*, von Nyst in das *syst. bruxellien* gestellt.

CARDIUM ARALENSE nov. sp.

Tab. V, fig. 3, *a, b.*

So gross auch die Aehnlichkeit dieses Fossils mit *Pectunculus* ist, so kann dasselbe dennoch dieser Gattung nicht zugerechnet werden, da die Muschel keineswegs eine orbiculäre vielmehr die das *genus Cardium* so bezeichnende herzförmige Gestalt besitzt. Die volle Bedeutung dieses wichtigen Verhältnisses gestattet weder die fig. 3, *a*, noch 3, *b*, richtig zu erkennen; es tritt dasselbe erst hervor, wenn die Muschel nach der fig. *b.* gewendet, von der inneren Seite betrachtet wird. Auch in der Stellung fig, 3, *a.* würde man die Gestalt noch für *Pectunculus* halten können. Die ausfüllende Steinmasse verdeckt das ganze Schloss vollständig. Nichtsdestoweniger zeigt sich, scharf absetzend auf der dunkelgrauen, Glaukonitkörner einschliessenden Kalkmasse, das späthige Rudiment des mittleren Zahnes, dicht unter dem Buckel, sowie auch die Bruchstellen, wo die sehr kräftigen Nymphen gesessen haben. Die somit sich völlig herausstellende *Cardium*-Form hat nun eine auffallende Aehnlichkeit in allen ihren Theilen und Verhältnissen mit dem kleinen *Cardium discrepans* von Basterôt, *Bast. fossiles tertiaires du Sud Ouest de la France* pag. 83, Tab. VI, fig. 5. Diese Aehnlichkeit ist Angesichts der Originale von *Saucats* so gross, dass ein 35 millim. hohes Exemplar der letzteren Art bis auf 83 millim. vergrössert, wohl kaum von dem *Cardium* der Tab. V vom Aral zu unterscheiden sein würde. Die durch Verwitterung der Schaalenoberfläche blossgelegte innere Struktur der Schaale

entspricht vollständig der Natur der *Cardien*-Schaalen. Den eigenthümlichen, besonders mit Annährung an den oberen und vorderen Rand stärker werdenden concentrischen Anwachsstreifen, die das *C. discrepans* auszeichnen, entsprechen bei dem *Cardium* vom Aral ganz ähnliche, beinahe als flache Rippen erscheinende Anwachsstreifen an denselben Theilen, wie dies in beiden Abbildungen ziemlich gut hervortritt. Indessen sind doch auch bei näherem Vergleiche der Unterschiede mit dem *C. discrepans* so manche, wohin namentlich ein im Ganzen viel stärker und mehr hervorragender Buckel wie eine mehr gewölbte Form gehört, dass die Selbstständigkeit der in Vorschlag gebrachten neuen Art als *C. aralense* hier wohl gerechtfertigt erscheint. Das Fossil gehört in die Schicht *d*.

ISOCARDIA MULLICOSTATA Nyst.

Tab. I, fig. 1, *a*, *b*.

Nyst, Coq. et polyp. foss. de Belgique, pag. 200. Tab. 15, fig. 4, *b*, *e*.

Von diesem *Isocardium* liegen in dem Originale der fig. 1, *a* eine mit völlig erhaltener Schaale versehene linke Valve; in dem der fig. 1, *b*, ein etwas abgeriebener Steinkern vor. Meine Bemühungen, diese eigenthümliche Art auf eine völlig mit ihr übereinstimmende bereits bekannte zurückzuführen, waren vergeblich. Indessen zeigt der Vergleich mit der Abbildung, welche Nyst l. c. von der *I. multicostata* aus Belgien giebt, eine so grosse Aehnlichkeit zwischen beiden Formen, dass die Aufstellung einer neuen Art hier nicht gerechtfertigt erscheint. Diese Aehnlichkeit würde noch frappanter heraustreten, wenn die linke Valve der fig. 1, *a* eine der fig. *e* bei Nyst entsprechende Stellung erhalten hätte; sie würde dann in der That bis auf die Anzahl der Rippen als das vollkommene Gegenstück derselben erscheinen. In der überaus kurzen Diagnose, *costis concentricis*, *numerosis*, *obtusis*, wird keine Rücksicht auf die Zahl der Rippen genommen; die Zeichnung lässt 24 Rippen erkennen, während die Art vom Aral nur 18 bis 20 zeigt. Nyst, durch die Unvollkommenheit des ihm vorliegenden Exemplars bestimmt, beschränkt sich eigentlich nur auf die Beweisführung, dass *I. multicostata* nicht *I. harpa* Goldf., sondern eine neue, von derselben stark genug abweichende Art ist. Auch die Schlussbemerkung über die Art: *son diamètre ne dépasse probablement point* 37 *millimètres*, begründet einen Unterschied, denn die *Isocardia* vom Aral hat Dimensionen von 50 und 70 millim.

ISOCARDIA nov. sp.?

Tab. II, fig. 4.

Wenn nur der Buckel der riesenmässigen Gestalt berücksichtigt wird, so kann in derselben eine Abart des vorhergegangenen *Isocardium* vermuthet werden; indessen widersprechen die allgemeinen Formenverhältnisse der vorigen Art, so wie sie die fig. 1, *b* zeigt, dieser Voraussetzung. Namhafte Verschiedenheiten zeigen sich in dem Verhältniss zwischen Höhe und Breite der ganzen Gestalt wie in der Natur der Rippen. Bei der vorher gehenden Art verhält sich die Länge zur Breite wie 1 : 1,05, bei dieser aber wie 1 : 0,85. Die Muschel ist

also höher als breit; auch ist die Zahl der Rippen vom Buckel ab bedeutend geringer. Mit dem Uebergange zum Rücken der Schaale verflachen sich dieselben in äusserst starker und progressiver Weise. Allerdings zeigt sich auf diesen flach abgerundeten Rippen der Charakter feiner, concentrischer Streifung, eben so wie derselbe auch bei der vorhergehenden Art zu bemerken ist. Der Mangel an vergleichenden Exemplaren gestattet nicht den Einfluss möglicher Varietäts-Schwankungen von specifischen Unterschieden zu sondern, welche die Species zu begründen haben, weshalb die letztere unentschieden bleiben muss. Das Fossil ist aus der Schicht *d*.

CYTHEREA NITIDULA Lamk.

Tab. I, 6, *a*, *b*.

Desh., Coq. foss. des env. de Paris, T. I, pag. 134, pl. 21, fig. 3—6.
Goldf., Petref. Germ., pag. 239, pl. 149. fig. 11.
Nyst., Coq. et polyp. foss. de Belgique, pag. 174, Tab. 13, fig, 2, *a*, *b*.

Die vorliegende *Venus* gehört in die Sektion der glatten Cythereenarten und stimmt vollkommen mit den citirten Beschreibungen und Abbildungen der *C. nitidula* die Lamk als: *testa ovato rotundata, tumida, nitida; obsolete transversim striata, striis exiguis; lunula cordata; cardine tridentati; dente laterali magno, conoideo* bezeichnet. Allerdingst treten bei dem Vergleiche mit den Abbildungen bei Deshayes und Goldfuss Verschiedenheit hervor, die vielleicht bedeutend genug sind, um den Ausspruch unbedingter Identität dieser Art mit der *nitidula* noch zu suspendiren. Indessen sagt Desh. *l'espèce est assez variable dans ses formes, pour que l'on soit porté à en faire plusieurs espèces, lorsque l'on n'en voit pas une série complète, car tantôt elle est presque orbiculaire, tantôt plus transverse et plus oblique, d'autres fois se rapprochant de la forme triangulaire, mais toutes ces variétés se réunissent par plusieurs caractères invariables dans l'éspèce.* Ueber die Art des Zusammentretens beider Schaalen am unteren Rande lässt die Abbildung Tab. I kein genügendes Urtheil zu, da die ziemlich dicken Schaalen längs dieses ganzen Randes abgebrochen sind. Das Fossil gehört in die Schicht *d*.

C. nitidula, welcher d'Orbigny eine *C. subnitidula* in der Etage *falunien* gegenüber stellt, wird in die Etage *parisien* und von Nyst, als *Venus nitidula* in das Terrain *bruxellien* gestellt.

CYTHEREA RUSTICA Desh.

Tab. I, fig. 8.

Desh., Coq. foss. de Paris, pag. 130, Tab. 23, fig. 10, 11.

Diese kleine sehr zierliche *Cytherea*, welche durch die grosse Häufigkeit ein besonderes Interesse gewinnt, womit sie in dem Kalkstein vom Aral in allen Grössenverhältnissen zwischen 20 und 5 millim. vorkömmt, entspricht in ihren wesentlichsten Charakteren der Diagnose welche Deshayes von der *C. rustica* giebt: *testa obovato-trigona, sulcis accretionis antiquata; lunula minima ovata.* Ganz besonders übereinstimmend ist das Verhältniss der Anwachsstreifen, die regelmässig und mit abwechselnden Vertiefungen eine etagenartige Disposition der Oberfläche be-

dingen. Desh. giebt an: *longueur* 14 *largeur* 18 millim. — Bei dem Tab. I, fig. 8 abgebildeten Exemplar ist das Verhältniss der Länge 14 und der Breite 19 millim.

In die Schicht *d.* gehörig und nach d'Orb. in die Etage *parisien* zu stellen.

SOLECURTUS LAMARCKII Desh.

Solen strigillatus Desh. Coq. foss. de Paris, pag. 27. Tab. 2, fig. 22, 23.
Solecurtus Lamarckii Desh. Traité élément. de Conchiliologie, T. I, pag. 123.

Das: *S. ovato-oblongus, medio subsinuosus, subrugosus,* stimmt sehr gut mit dem sehr unvollkommenen, eigentlich nur inneren Abdruck der von dieser Art vorhandenen Schaale vom Aralufer. Ganz besonders treffend ist die Uebereinstimmung der von Desh. als Artbezeichnung angegebenen Längen- und Breitenverhältnisse. Die Länge der Art ist bei Deshayes 18 und die Breite 45. Bei der Aralspecies ist die Länge 19 millim. Freilich lässt sich auf absolute Uebereinstimmung in dieser Beziehung weniger, als auf die relative Annäherung der verschiedenen Dimensionen unter sich geben. Weder der in Belgien vorkommende *Solecurtus candidus, compressus,* noch *apendiculatus* kann, der Beschreibung bei Nyst, pag. 48 und 49 zu Folge, mit dem vorliegenden aus der Schicht *d.* in Beziehung einer Aehnlichkeit treten. Der *Solecurtus Lamarckii* ist von d'Orb. als *S. parisiensis* in die *étage parisien* gestellt.

PINNA nov. sp.?

Aus thonigmerglichen Schichten *e* vom Aral befindet sich unter den Fossilien, welche durch ihre aussergewöhnlichen Dimensionen auffallen, eine *Pinna* von 28 Centim. Länge und 18 Centim. Breite. Wenngleich im zusammengedrückten Zustande, ist die Form in ihren allgemeinen Grundzügen dennoch deutlich genug erhalten, um den Beweis zu geben, dass diese *Pinna* auf keine der bekannten und abgebildeten Arten zurückzuführen ist. Ihre Gestalt ist abgerundet keilförmig; seitlich zusammengedrückt, gewinnt die Form etwa in der Mitte der Länge ihre grösste Breite und erscheint in der unteren Hälfte schaufelförmig gerundet und abgeplattet. Die Oberfläche zeigt sich in einer ähnlichen Weise wie es Andeutungen, Sow. pl. 313, fig. 3, von der *P. affinis* glaublich machen, mit concentrischen, sehr stark gerunzelten Rippen bedeckt, die in ihrer Disposition in der oberen Hälfte der Muschel Aehnliches verrathen, was sich bei *Pinna ingens* aus dem *Crag* zeigt; nach Wood, *mollusca of the Crag,* pag. 50. Tab. VIII, fig. 11. Andeutungen auf dem oberen Theile des noch mit der Perlmutterschaale bedeckten Steinkernes machen es wahrscheinlich, dass sich Längsrippen auch hier mit concentrischen Rippen, wie bei der *P. ingens* Wood, verbanden. Die Schaalendicke der Muschel beträgt 3 bis 4 milm. Die untere Hälfte ist mit den Schaalen flacher Ostreen von 7 bis 9 Centim. Länge bedeckt, die eine sehr nahe Uebereinstimmung mit der *Ostrea cochlearia* aus dem Pariser-Becken besitzen welche Deshayes Tom. I, pag. 370 beschreibt und Tab. 62, fig. 3 abbildet. Nur in den Dimensionen finden Abweichungen statt, dem die *O. cochlearia* aus Roquencourt bei Versailles hat eine Länge von 5 und eine Breite von 3 Centimètres.

GASTEROPODEN.

VOLUTA SPINOSA Lamk.

Tab. IV, fig. 1, *a*, *b*.

Desh. Coq. foss. des env. de Paris, T. II, pag. 690. Tab. 92, fig 7, 8.
E. Edwards, Monogr. of the eoc. mollusca, pag. 162. Tab. 21, fig. 4.

Das Fossil stimmt im Ganzen ziemlich gut mit der Abbildung bei Desh. überein, so weit der abgeriebene Zustand des Objects aus der Schicht *f.* den Vergleich gestattet. Das; *testa turbinata, ad basin transversim striata, longitudinaliter partim costata; anfractibus acute angulatis, unica serie spinarum coronatis*, ist entsprechend; die *columella quadriplicata*; tritt weniger deutlich in der Abbildung hervor; indessen zeigen andere Exemplare auch hier die Andeutung wenigstens von einer vierten Falte. Deshayes bezeichnet die *V. spinosa* durch: *columella quadri aut sexplicata.* Edwards dagegen bezeichnet die Art von Barton-Cliff als *quadriplicata.* Alle sonstigen Abweichungen liegen aber offenbar innerhalb der Gränzen der Varietätsreihen wie sie die Abbildungen bei verschiedenen Autoren und die Sammlungen erkennen lassen. Die Uebereinstimmung mit der englischen Art scheint mir noch bestimmter als mit der französischen. *V. spinosa* setzt d'Orbigny in die *étage parisien*, Nyst in das *syst. bruxellien.*

VOLUTA DEPAUPERATA Sow.

Tab. IV, fig. 3, *a*, *b*.

Desh. Coq. foss. de Paris, pag. 684. Tab. 92, fig. 5, 6.
Edwards, Monogr. of the eoc. Mullusca of Engl. pag. 164. Tab. 21, fig. 8, *a*—*c*.

Die Uebereinstimmung der abgebildeten Art vom Aral mit grossen und schönen Exemplaren der *V. depauperata* von Barton-Cliff, durch englische Gelehrte als solche bestimmt, ist befriedigender wie die Uebereinstimmung mit der Beschreibung und Abbildung, welche Edwards und Deshayes von dieser Art geben. Man ist in der That verlegen, zu welcher Art eine Form gestellt werden soll, die entschieden die angegebenen Hauptcharaktere der *V. athleta*, *V. spinosa* und *V. depauperata* in sich vereinigt und eigentlich mit keiner der drei ganz genau übereinkommt. Mit Rücksicht auf die Charactere: *testa ovato-turbinata, costata, transversim ad basin sulcata; testa spira brevi, apice acuto, anfractibus subventricosis, postice acute angulatis, una serie spinarum donatis*, welche die Aralart zeigt, glaube ich, dass die *Voluta* entschieden als *depauperata* zu bezeichnen ist. Edwards führt eine zweifach gefaltete *Columella* an; Deshayes bezeichnet dieselbe dagegen als schwach gebogen und mit drei ungleichen Zähnen versehen. Ganz so zeigt sie sich auch bei der *Voluta* vom Aral und eben so auch bei den grossen Exemplaren aus England. Die relativen Verhältnisse aller Theile, so weit dieselben in dem stark obliterirten Exemplare der fig. 3, *a*, *b* noch erkennbar sind, zeigen sich vollkommen identisch mit den Verhältnissen bei den vorgenannten englischen Formen. Alle Exemplare sind aus der Schicht *f.* Die *V. depauperata* gehört wie die *V. spinosa* in die *étage parisien.*

VOLUTA AMBIGUA Solander.

Tab. I, fig. 2, *a, b.*

Voluta ambigua Sow., Min. Conch. Vol. IV, pag. 135. Tab. 399, fig. 1.
Edwards, Monogr. of the eoc. moll. pag. 150. Tab. XIX, fig. 4, *a—c.*

Edwards beschreibt l. c. eine *Voluta*, die allerdings viel Aehnlichkeit mit der *V. nodosa* Sow. besitzt, aber sich durch dieselben Kennzeichen von ihr unterscheidet, welche die Art vom Aral auszeichnen. Vor Allen ist das: *testa ovato-oblonga, costellata, transversim sulcata*, ferner das: *spira conica elevata, apice acuto, anfractibus convexis, perobtuse angulatis, costellis proeminentibus, tuberculis nodiformibus terminantibus*; so wie endlich das: *columella subrecta, bis vel ter plicata* in seiner Uebereinstimmug mit der *V. ambigua* Sow. maassgebend. Es ist überraschend, wie selbst feinere, aber die Art sehr bestimmt von ihren Verwandten sondernde Charaktere, ohnerachtet des sehr abgeriebenen Zustandes des Originals der fig. 2, *a, b*, noch zutreffen. Dahin gehören z. B.: die in einer einfachen Reihe von Knötchen am Rande der Schlusswindung endigenden Rippen; eine zweite Reihe von feinen Tuberkeln, dicht an der Nath; der beinahe flache Raum zwischen Nath und Tuberkelreihe, eine hervorragende aber zarte Medianlinie zeigend, die oben und unten wohl noch von einer sehr schwachen Parallele begleitet wird. Das: *labro incrassato plicato, ad marginem crenulato*, der *Voluta ambigua* Sol. gestattet der defekte Zustand der Muschel aus der Schicht *f.* nicht zu beurtheilen.

Die *V. ambigua* Lamk., welche Deshayes pag. 691. Tab. 93, fig. 10 und 11 beschreibt und abbildet, scheint nicht mit der vorliegenden Art vereinigt werden zu dürfen. D'Orbigny stellt die erstere in die *étage suessonien* und eine *V. ambigua Grateloup* als *subambigua* in die *étage falunien*. Die *ambigua Solander* dagegen von Barton-Cliff würde der *étage parisien* anheim fallen müssen.

VOLUTA SUSPENSA Solander.

Tab. IV, fig. 2.

Voluta canaliculata Webster Geol. Transact. Vol. 2, pag. 204.
Voluta suspensa Edwards Monog. of the eoc. moll. of Engl. pag. 158, T. XX, fig. 4. *a. c.*

Es würde kaum zu unternehmen sein, auf das abgebildete, durch Abreibung völlig entstellte Exemplar aus der Schicht *f.* eine Artenbestimmung begründen zu wollen, wenn nicht ein kleineres Exemplar derselben Species mit zur Hand wäre, welches keinen Zweifel darüber lassen kann, dass es sich hier um eine der, in die Gruppe der *Voluta digitalina* Lamk, Desh. pag. 693, Tab. 93, fig. 1, 2. gehörenden Species handelt, welche eine Stufe an der Nath haben, unterhalb welcher die Schaale durch eine mehr oder minder breite und tiefe Furche ausgehöhlt ist. Eine ziemlich stark erweiterte Spindelplatte, wenige Falten auf der Spindel von welchen die unterste die stärkste ist, sind nach Beyrich die Charaktere welche den Arten dieser Gruppe gemeinsam sind. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschschaft, Band V, pag. 341.

Die fig. 2 würde die Vermuthung begründen können, dass die *Voluta* vom Aral der *V. cingulata* von Nyst zugehört, allein Beyr. bemerkt, dass grade diese Art sich von allen ihren Verwandten durch das gänzliche Fehlen der Quersculptur im Gewinde und im oberen Theile der Schlusswindung unterscheidet, wie dies auch aus den Abbildungen der Art bei Beyr. und Nyst Tab. 45, fig. 7 hervorgeht. Dagegen wird durch das kleinere nicht abgebildete Exemplar vom Aral bewiesen, dass die Rippen auf dem Gewinde deutlich gekörnt waren. Unter den *Voluten*, die der genannten Gruppe angehören, scheint keine besser auf die in Rede stehende Art zu passen, als die *V. suspensa* Sol. Das: *spira elevata, acuminata, canali lato, marginibus anfractuum repente inflexis septo circumdata*, ist an dem kleineren Exemplar deutlich zu erkennen; das: *anfractibus subventricosis, dentato-crenatis, costis obscuris distantibus, una serie spinarum coronatis*; zeigt sich dagegen auf das vollständigste in einem sehr wohlerhaltenen Exemlare der *V. suspensa* ausgedrückt, welche durch Hrn. Basiner 30 Werst vom nördlichen Abhange des Ust-Jurt entfernt, 10 Werst südlich vom Flüsschen Arass-Kull gefunden wurde. Von Seiten der Natur der diese *Voluta* ausfüllenden Steinmasse, wie der noch mit eingeschlossenen Gasteropoden-Fragmente zeigt sich deutlich, dass die ursprüngliche Lagerstätte ein und demselben geognostischen Horizonte der Fossilien aus Schicht *d.* der Aral-Umgebung angehören muss. Die *V. suspensa* wird von d'Orbigny in die *étage parisien* gestellt, wogegen die *V. cingulata* nach Nyst dem *syst. tongrien* zugehört.

FUSUS BULBIFORMIS Lamk.

Tab. IV, fig. 4, *a*, *b*, und fig. 5.

Desh. Coq. foss. des env. de Paris Vol. II, pag. 570, Tab. 78, fig. 5—10, 15—18.
Pyrula bulbus. Pusch Palaeont. von Polen pag. 146, Taf. 12, fig. 11.

Die umfangreiche Varietätenreihe des *Fusus bulbiformis* aus dem Pariser-Becken, wird unter den Muscheln vom Aral durch 4 Exemplare vertreten, die sich sehr gut den von Deshayes unterschiedenen Varietäten dieser Art unterordnen lassen.

F. bulbiformis fig. 4, *a*, *b*, entspricht der Var. *c*, *testa breviore, globulosa, spira mucronata, brevi.* Sow. Miner. Conch. Tab. 194, fig. 4 und Desh. l. c. fig. 7, 8. — *F. bulbiformis* fig. 5 entspricht der Var. *d*: *testa majore, anfractibus superne depressis, subcanaliculatis.* Sow. Miner. Conch. Tab. 194, fig. 5, 6 und Desh. l. c. fig. 9 — 10.

Der abgeriebene Zustand der Exemplare, sämmtlich aus der Schicht *f.* lässt das *anfractibus superne depressis snbcanaliculatis*, nicht bei allen Exemplaren der Varietät *d.* mit hinreichender Deutlichkeit erkennen. D'Orb. stellt den *Fusus bulbiformis* Lamk. unter dem Namen *Fusus bulbus* in die *étage parisien.*

FUSUS CONJUNCTUS Desh.

Tab. VI, fig. 1.

Desh. Descr. des coq. foss. des env. de Paris pag. 527, Tab. 70, fig. 16, 17.

Als Repräsentant der vorzüglichsten Art einer Gruppe von *Fusus*-Formen wichtig, deren

gegenseitige Verwandschaft in den abweichenden Ansichten einen besonders deutlichen Ausdruck findet, welche über dieCriterien dieser Species obwalten, gewinnt dieser *Fusus* durch die ungewöhnlichen Dimensionen seiner Länge und Breite von 26,5 und 8,3 Centim. ein besonderes Interesse. Die Charaktere, womit Deshayes diese Art bezeichnet: *testa elongato-fusiformi, clavellata, mucrone cylindrico apice terminata*, vorzüglich aber das: *anfractibus convexiusculis, primis costellatis, alteris laevigatis; ultimo anfractu globuloso, cauda gracili terminato*, finden sich auch bei der fig. 1; dagegen ist das Verhältniss, in welchem die Windungen an einander treten, dem sehr ähnlich wie es sich bei *F. longaevus* verhält. Jede Windung setzt an der anderen durch eine etwas hervorspringende Leiste ab, und die hierdurch begränzte Stufe senkt sich canalartig der Nath zu, wodurch das *apertura ovata, superne canaliculato-emarginata* des ächten *F. longaevus* bedingt wird; ein Kennzeichen, welches dem *F. conjunctus* von Desh. fehlt. Dagegen läuft wie bei *F. conjunctus* der sehr bauchige Theil der Schlusswindung, ähnlich auch wie bei *F. maximus*, mit mässig steilem Abfalle in einen langen, dünnen, gestreckten, canalartigen Stiel aus, der ohngefähr die Hälfte der ganzen Länge des Fossils beträgt. Von den Sculpturen, welche die 3 Windungen des Embryonalendes des *F. conjunctus* in der Abbildung bei Desh. zeigen, kann sich auf der fig. 1 nicht die kleinste Andeutung finden, da das Fossil an diesen Theilen fast ganz seiner Schaale beraubt ist. Wollte man die Art als eine Varietät des *F. scalaris* auffassen, so tritt das für diese *species* bezeichnende: *anfractibus supra planis, carinatis; carina crassa, plus minusve proeminente* in nicht minder starken Widerspruch mit der canalartigen Vertiefung längs der Nath bei dem *Fusus* aus der Aralumgebung. D'Orbigny stellt den *F. conjunctus* mit dem *F. longaevus*, *F. maximus* und *F. Noae* in die *étage parisien.*

FUSUS LONGAEVUS Lamk.

Desh., Descr. des coq. foss. des env. de Paris pag. 523. Tab. 74, fig. 18—21.

Unter den Fossilien vom Aral, die dem festen Kalkstein *d.* zugehören, befinden sich zwei stark abgeriebene, aber sehr wohl bestimmbare *Fusus*, deren Charaktere vollkommen denen entsprechen, welche die specifische Selbstständigkeit des *F. longaevus* von Lamk begründen — das: *testa fusiformi, elevata; spira conica; apice mucrone cylindrico terminata; anfractibus primis planis, subcostellatis* trifft dergestalt zu, dass die Contouren des einen Exemplares durchaus dieselben sind, welche die fig. 18 und 19 der Tafel 74 bei Deshayes darstellen. Man würde behaupten können, dass dieses Original jener Zeichnung zum Grunde gelegen habe.

FUSUS CRASSICOSTATUS Desh.?

Deshayes, descr. des coq. foss. des env. des Paris. Tab. 72, fig. 1, 2.

Dieser *Fusus*, der gleichfalls aus der Schicht *d.* des Aralufers vom Vorgebirge Aktum-Suk herstammt, hat von allen mir bekannten Arten wohl die grösste Aehnlichkeit mit *F. crassicostatus* Desh.; erhält aber durch: *anfractibus convexiusculis. costis octo vel novem crassis*, wie durch:

apice basique transversim striatus, Charactere, die mehr für den *F. polygonus* bezeichnend sind, dem *F. crassicostatus* aber nicht zukommen. Unbekannt mit den Gränzen zwischen welchen die Charaktere des *F. crassicostatus* zu schwanken vermögen, wage ich weder die Art als neu einzuführen, noch dieselbe unbedingt dem *F. crassicostatus* unterzuordnen. Die untere Hälfte der unteren Windung ist bis zu der Reihe grosser abgerundeter Knoten die nicht als wirkliche Rippen bis zur Nath fortsetzen, sehr bestimmt und zwar dergestalt gestreift, dass zwischen den groben Streifen immer eine feinere liegt und die Vertiefungen zwischen den Falten somit nur sehr schwach erscheinen. Dagegen ist der obere, etwas eingesenkte Theil der Schlusswindung nur mit sehr feinen und einfachen Streifen bedeckt. Ein gleiches Verhältniss scheint, nach zurückgebliebenen Spuren der Schaale zu urtheilen, auch für die oberen Windungen zu gelten. Ueberhaupt verschwinden die Knoten auf den letzteren beinahe vollständig. Alle übrigen, die Mundöffnung und den Verlauf ihrer Ränder betreffenden Charactere sind durch Abreibung verloren gegangen. Interessant ist die Verwandschaft dieses *Fusus* mit dem *F. Puschii* aus dem Wiener Becken. Hörnes; die fossilen Mollusken des Tertiärbeckens von Wien, pag. 282 Tab. 31 fig. *b*. Auch giebt diese Art zu einem Vergleich mit dem miocänen, von Beyrich beschriebenen *F. Hosiusi* aus dem nordwestlichen Deutschland Veranlassung, Eine frappante Analogie in den allgemeinen Formenverhältnissen zwischen diesem *Fusus* und dem vom Aral zeigt die Tafel 17, fig. 17 *a* in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Bd. VIII, pag. 34. Unterschiede sind hauptsächlich: Anzahl der Knoten und Fehlen der Querstreifen bei der miocänen Art aus Deutschland.

Der *F. crassicostatus* wird von d'Orbigny in die *étage parisien* gestellt.

FUSUS INTORTUS Lamk.

Desh., descr. des coq. foss. des env. de Paris. pag. 538, Tab. 73 fig. 4, 5, 10, 11, 14, 15.

Unter den von jeder anhängenden Felsart völlig freien, nur etwas durch Abreibung entstellten Fossilien aus der Schicht *f* vom Aral befinden sich zwei, entschieden zu ein und derselben Art zu rechnende, aber durch Varietätsunterschiede etwas von einander abweichende Fususformen, die sich auf befriegende Weise dem Typus des *Fusus intortus* von Lamk unterordnen.

Das grösste der beiden Exemplare hat eine Länge von 44 millim. und eine Breite von 20. Die ganze Mundöffnung mit dem Canal, entsprechend der Höhe des letzten Gewindes, hat 21 millim. Die Höhe des zweiten Gewindes oder das Mittelgewinde hat 7 millim. Die ganze Form hat 8 bis 9 Windungen, mit sehr schwach convexer Oberfläche, welche nicht mit 5 bis 7, wie bei *F. intortus* Desh., sondern mit 10 starken aber stumpfen Längsrippen bedeckt sind, die sich von einer Windung zur anderen entsprechen und somit ein pyramidales Gehäuse von 9 schräg laufenden Flächen bedingen. Die Längsrippen verlaufen gegen den Canal, der kurz, conisch und an der Basis gewunden ist. Die Columella ist dick, gebogen und stark gewunden. Der linke Rand ist sehr dick, der rechte weniger. Das äusserste Ende der Columella ist mit

einer tiefen Nabelöffnung versehen. Da die Oberfläche der Gewinde bei dem einen Exemplare longitudinale, stark gekrümmte Anwachsstreifen und zwischen denselben transversale Streifung sehr bestimmt erkennen lässt, so ist das Fossil der Varietät *c* des *F. intortus*, nach der pag. 539 l. c. von Deshayes gegebenen Eintheilung beizuzählen. Das andere, welches keine Querstreifen zeigt, würde der Varietät *a.* unterzuordnen sein.

F. intortus Lamk. wird von Deshayes in die *étage parisien* gestellt.

PLEUROTOMA MACILENTA Solander.

Tab. IV, fig. 7, *a*, *b*.

F. E. Edwards. Monograph of the Eocene-Molusca from the older tertiaries of England pag. 225, Tab. XXVI, fig. 13, *a*, *b*. Paläontological society. 1848.

Die sehr entstellte Beschaffenheit des Exemplars aus der Schicht *f*, welches der Abbildung des Originals zum Grunde lag, gestattet zwar keine genauen Vergleiche, indessen ist doch die Analogie unverkennbar, welche die *Pleurotoma* vom Aral mit der Formenreihe zeigt, welche die Tab. XXVI der citirten Monographie von Edwards von *P. rostrata*, *macilenta* und *crassicostata* aus dem eocänen-Terrain Englands darstellt. Ein aufmerksamer Vergleich des der Abbildung Tab. VI, fig. 7, *a*, *b* zum Grunde liegenden Fossils mit den Beschreibungen jener 3 Arten zeigt, dass die Charaktere der *Pleurotoma macilenta* Sol. sich in den Hauptsachen bei der Aralart wieder finden. Das: *testa elongato-fusiformi turrita, costata undique spiraliter lineata*; ist hinreichend vertreten, das: *anfractibus convexiusculis, angulatis;* trifft ebenso zu, wie *marginibus posticis subconcavis; ad suturam paulum incrassatis*, und *lineis spiralibus numerosis;* von dem Charakter des: *lineis inaequalibus, quibusdam filiformibus praetenuibus, inter alias eminentiores, acutas aparentibus*, sind ohnerachtet der starken Abnutzung der Oberfläche des Fossils noch deutliche Spuren vorhanden; dasselbe gilt von den: *costis numerosis, angustis, obliquis, fere ad caudam tendentibus.* Von den Kennzeichen der Mundöffnung wie ihrer Ränder welche Edwards durch: *apertura oblongo-ovali, in canali longo, angusto exeunti; labro leviter arcuato; sinuato, in margine collocato* bestimmt, sind nur der lange Canal, so wie das: *labro leviter arcuato* deutlich zu erkennen. Auf Grund dieser Uebereinstimmung glaubte ich an der Differenz der Grössenverhältnisse keinen Anstand nehmen und das Fossil als *Pl. macilenta* betrachten zu dürfen, welche Art von Edwards als bezeichnend für mitteleocäne Schichten in England angegeben wird. Unverkennbar ist die Verwandschaft dieses Fossils mit einigen miocänen *Pleurotomen* wie *Pl. intorta* Brocchi und *Pl. Morreni de Koninck.* Nyst descr. des polyp. et coq. foss. pag. 510, Tab. 40, fig. 6, *a*, *b*.

TRITON INDET.

Tab. IV, fig. 6, *a*, *b*.

Die vorliegende Form, welche ebenfalls als isolirtes Fossil ohne Spur einer anhängenden Felsart, im hohen Grade defect und abgerieben, sich unter der Sammlung von Petrefacten von

dem westlichen Ufer des Aral vorfand, und als dessen wahrscheinliche Lagerstätte die Schicht *f.* anzunehmen ist, mehrt die Beispiele verwandschaftlicher Aehnlichkeit einer Anzahl jener Fossilien mit miocänen Arten.

Das Fossil, nach allen seinen Theilen betrachtet, zeigt eine nahe Uebereinstimmung mit dem *T. corrugatum* Lam. des Wiener-Beckens, welches Hörnes pl. 20, fig. 1—4 abbildet und pag. 205 beschreibt. Ich halte es für überflüssig, hier noch weitere Andeutungen über, diese Form zu geben. So unvollkommen auch das sehr treu abgebildete Object ist, so ist dasselbe doch genügend, um die Identität dieses *Triton* mit dem *corrugatum* durch Abwesenheit insbesonders der, die Natur und Zahl der Querstreifen bestimmenden Charaktere sehr unwahrscheinlich zu machen.

CASSIDARIA STRIATA Sow.

Tab. VI, fig. 4, 5, 6, 7.

Brongniart. Mém. sur les terr. calcaréo-trappèens du Vicentin, pag. 66, Pl. III, fig. 9.

Das sehr gut erhaltene Exemplar einer *Cassidaria* von 36 millim. Höhe, welches aus der Schicht *d* vom westlichen Aralufer vorliegt, zeigt in allen seinen Theilen eine so befriegende Uebereinstimmung mit einem 22 millim. hohen Exemplare dieser Art aus England von Barton Cliff in Hampshire, dass die Identität keinen Augenblick zweifelhaft sein kann. Während alle Partikularitäten der Formenverhältnisse wie der Ornamentirung zutreffen, zeigt sich hinsichtlich der transversalen Streifen nur in so fern ein Unterschied, als die Streifen bei der Art vom Aral sämmtlich von völlig gleicher etwas derberer Beschaffenheit sind, bei den englischen Exemplaren dagegen, wechseln sanft abgerundete Streifen regelmässig mit feineren ab.

D'Orbigny stellt die *Cassidaria striata* Sow. in seine *étage parisien.*

PLEUROTOMA PRISCA Desh.?

Tab. II, fig. 5.

Dem nach Uebereinstimmung der Form suchenden Vergleiche bieten sich in Bezug auf die kleine *Pleurotoma* der fig. 5 aus dem festen Kalkstein der Aral-Umgebung zwei *Pleurotomen* dar, die zu näherem Vergleich auffordern. 1) die *Pl. prisca* aus dem Barton Clay und aus dem Pariser Becken Desh. l. c., T. II, pag. 436, Tab. 69, fig. 1 und 2) die *Pl. Borsoni* oder *semimarginata* aus Südfrankreich. — Gratloup Atlas T. 21, fig. 3, synonym mit *Pl. subcanaliculata.* Goldf. Petref. Germ. Tab. 71, fig. 3 und *Pl. vindobonensis.* — Hörnes, die fossilen Mollusken des tertiären Beckens von Wien; pag. 346, Tab. 38, fig. 1 — 6.

Nach vorliegenden Exemplaren aus England zu urtheilen, zeigt sich eine schwache Analogie mit *Pl. prisca.* Indessen ist die Uebereinstimmung mit der Diagnose, wie sie Desh. von der französischen *Pl. prisca* nebst Abbildung giebt viel geringer. Man könnte sagen, dass die *Pl. prisca* vom Aral in der Mitte zwischen der *eocänen prisca* und der *miocänen Borsoni* steht. Das: *testa elongato-ventricosa* passt auf *Pl. prisca* und auch auf die Species vom Aral. Doch ist die letztere entschieden: *testa longiore angustiore,* denn das Fossil ist sehr spitz. Das Atribut:

anfractibus convexiusculis stimmt für Beide; nur würde *anfractibus subplanulatis* für die *Pleurotoma* vom Aral passender sein. Durch beide Merkmale tritt die Art der *P. Borsoni* näher. Bezeichnend und wichtig sind die feinen, transversalen Streifen, womit ganz entschieden, und im Widerspruch mit der Diagnose der *prisca* bei Deshayes, die Umgänge vollständig versehen waren; so dass sich von der Aral-Species nicht sagen lässt: *ultimo anfractu in medio laevigato* oder *inferne laevigato*. Wie bei der englischen *prisca* zeigt sich in Bezug auf die transversalen Streifen, dass auf der Mitte des untersten Umganges eine feinere von je zwei stärkeren eingeschlossen ist; auch sind die Streifen *striis confertis*, dichter vereinigt, wie bei *prisca*. Im Allgemeinen scheint das, den Umgängen der letzteren zuzuschreibende Prädikat: *superne striato-marginatis*, für die Aral-Species in *superne tenuissime et confertim striato-marginatis* umzuändern nöthig. Der charakteristische Zug der äusseren Gestalt, der das der *Borsoni* zukommende: *anfractibus medio subconcavis, ad suturas paululum tumescentibus* auch für die Aralart bedingt, entfernt die letztere am Meisten von der *prisca*, wie sie die Repräsentanten dieser Art von Hampshire und Barton Cliff zeigen, welchen das *anfractibus convexiusculis* rein und unbedingt zukömmt. Interessant ist es, dass die Aehnlichkeit der Aral-Species mit der *Borsoni*, in der Varietät *B.* dieser Art; Grateloup Tab. 19, fig. 2, welche das *miocène inférieur* bezeichnet, grösser ist, als in der Varietät *A*, die dem *miocène supérieur* angehört. Es scheint hier einer der Fälle vorzuliegen, wo ein allmähliger Uebergang *eocäner* Arten in *miocäne* naturgemäss sich ausdrückt. Dürfte man sich wundern in den Schichten der Aralumgebung eocäne Formen zu finden, welche mitunter wesentliche Charaktere solcher Arten aufnehmen die in West-Europa nur in mitteltertiären Ablagerungen bekannt sind?

ROSTELLARIA MACROPTERA Lamk.

Tab. I, fig. 3 und Tab. III, fig. 1.

Desh. descr. des coq. foss., des env. de Paris pag. 620, Tab. 83, fig. 1, 84, fig. 1, 85, fig. 10.
Rostellaria ampla Brander. Nyst. Coq. et polyp. foss., de Belgique, p. 556, Tab. 43, fig. 5.

Mit Recht sagt Desh.: *Cette coquille est certainement l'une des plus extraordinaires, que l'on connaisse à l'état fossile. Il est extrémement rare de la rencontrer bien conservée, et cela se concevera facilement, en considérant la grande étendue et le peu d'épaisseur du bord droit.* Ausser dem abgebildeten Exemplar vom Aral, welches eine Länge von 19,3, Centim. und eine Breite von 14 Centim. in seinem durch Verletzung stark verkleinerten Zustande besitzt, liegt noch ein zweites Bruchstück eines inneren Theiles von 7 Centim. Länge vor, welches einem kleineren Individuum, allem Anschein nach, derselben Art angehörte. Besonders bei letzterem tritt die Uebereinstimmung mit der Diagnose, wie sie Deshayes und Nyst gleichlautend von der *R. macroptera* oder *ampla* geben befriedigend hervor. *Testa fusiformi turrita*; das: *apice acuta, laevigata; labro latissimo in alam maximam rotundatam, superne spirae adnatam ampliato; rostro brevi, acuto recurvo*, scheint nicht ganz auf die Art vom Aral zu passen, wo es vielmehr heissen müsste: *rostro longiusculo recto acuto*, wie dies auf die *Rostellaria columbaria* Desh. Tab. 83, fig. 56

passt; jedoch ist von dem: *labro in alam sursum falcatam pronato, et parte interna supra spiram decurrente*, wie es bei Desh. ferner von der *R. columbaria* heisst, in dem Originale der fig. 3, Tab. I, vom Aral keine Spur zu erkennen. Diese Art, *R. columbaria* Desh. pag. 621, Tab. 83, fig. 5, 6, kann die Aral-Species also nicht sein, vielmehr stimmt allein *R. macroptera* synon. *ampla* bei Nyst, wenn man annimmt dass das: *rostrum recurvum* eine blosse Spielart anzeigt. Bei Nyst ist die Art zu kurz abgefertigt. Die Länge der *Rostellaria* vom Aral muss mindestens 265 mm. betragen haben und scheint somit alle bis jetzt gefundenen oder mindestens beschriebenen Arten an Grösse zu übertreffen. Die *Rostellaria macroptera* wird von d'Orb. in die *étage parisien* gestellt; von Nyst in das Syst. *bruxellien.*

ROSTELLARIA FISSURELA Lamk.

Tab. II, fig. 6, *a*, *b*.

Rostellaria rimosa Sow. Miner. Conch. pl. 91. fig. 4—6.

» *fissurella* Desh. descr. des coq. foss. des env. de Paris pag. 622, pl. 83, fig. 2—4, pl. 84, fig. 5, 6.

» *fissurella* Nyst Coq. et polyp. foss. de Belgique pag. 357, Tab. 43, fig. 6.

Die Uebereinstimmung der vergrössert dargestellten *R.* vom Aral aus dem sandigen Kalkstein *d.* mit der *R. fissurella* des Pariser Beckens, des *Barton-clay* von Hampshire, wie aus Belgien ist so vollständig, dass kein Zweifel über die Identität der Art obwalten kann. Da eine grosse Anzahl von Individuen dieser Art mit wohlerhaltenen Schaalen und Spuren von Färbung vom Aral vorliegt, so ist es leicht, sich von der Constanz der wichtigen Charaktere zu überzeugen, die in den Sculpturverhältnissen der Windungen liegen, wie sie in fig. 6 *b.* in vergrössertem Zustande dargestellt sind, und hauptsächlich in den: *anfractibus tenuissime transversim plicatis* wie in dem *rostro-brevi, recto acuto* begründet sind. Es sind dies Charaktere welche die *R. crassilabrum* von Desh. besitzt, die von Deshayes selbst: *espèce très voisine de la R. fissurella* genannt wird. *R. fissurella* und *R. rimosa* welche Sowerby von Seiten der Verschiedenheit der Sculptur als gesonderte Specien betrachtet, werden von Nyst pag. 558 und anderen Paläontologen als Varietäten derselben Art betrachtet. D'Orbigny dagegen stellt *R. fissurella* in seine *étage suessonien*, die *R. rimosa* Sow., aber in die *étage parisien*. Wie wichtig die Sculptur-Verhältnisse zur Unterscheidung der Arten sind, die verschiedenen Faunen angehören, welche innerhalb der Entwickelung der Tertiärperiode zeitlich aufeinander folgen, beweist die *Rostellaria plana* Beyrich aus den tertiären Schichten des nordwestlichen Deutschland. Beyrich, Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Band VI, pag. 489, Tab. II, *f*, *g*, *n*. Diese Art, der *R. rimosa*, mithin auch der Species vom Aral sehr ähnlich, unterscheidet sich von derselben hauptsächlich durch die constante feinere Querliniirung, und allerdings auch durch die grössere Flachheit der Mittelwindungen.

ROSTELLARIA SOWERBYI Sow.

Tab. II, fig. 1, *a*, *b*.

Rostellaria Sowerbyi Sow. Min. Conch. Tab. 349, fig. 1—7.
» » Nyst, Conch. et polyp. foss. de Belgique, fig. 559. Tab. 44, fig. 4, *a*, *b*.
Aporrhais speciosa Schlotth. Beyrich. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Band VI, pag. 492, Tab. XI, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Da auch von diesem Fossile Exemplare in grosser Anzahl aus der Schicht *d.* vorhanden sind, so war eine genaue vergleichende Analyse aller Theile thunlich; sie hat gezeigt, dass die wahre *Rostellaria Sowerbyi* des englischen Horizontes mit beinahe völlig unveränderten Charakteren bis zum Aral geht. Das: *anfractibus nodosis longitudinaliter plicatis, plicis obliquis, ab una ad alteram suturam extensis* ist eben so bestätigt wie das *penultimo anfractu subtuberculato; ultimo tuberculato-tricarinato; rostro brevi acuto.* Die etwas grobe, aber richtige Abbildung zeigt das Fossil in doppelter Vergrösserung.

In der Beschreibung der norddeutschen Tertiär-Versteinerungen führt Beyrich auf Grund der von Philippi gezeigten zoologischen Nothwendigkeit, die dem miocänen *Strombus pes pelicani* verwandten Arten von den übrigen Rostellarien *Lamarks* zu trennen, mehrere Rostellarien als *Aporrhais*arten auf und ordnet, um Fehlschlüssen über die geologische Bedeutung der vorhandenen Verschiedenheiten vorzubeugen, zwei besonders hervortretende Varietäten, *A. speciosa* und *A. alata*, nach ihren Vorkommen. Die Schilderung welche sehr genau, in die Sculpturverhältnisse dieser unter sich unverkennbar durch leise Uebergänge verbundenen Arten eingeht, lässt nebst den Abbildungen kaum einen Zweifel, dass die *A. speciosa*, pag. 493. Taf. XI, fig. 1 bis 6 der citirten Abhandlung aus dem unteren miocänen Terrain des nordwestlichen Deutschlands wirklich mit der am Aral vorkommenden Art übereinstimmt. Wo sich einige Abweichungen in der Analyse der Form bei Beyrich von der Aralart zeigen, scheinen sie unwesentlich und kaum die Gränzen der Varietäten zu überschreiten, welche durch Abbildungen nachgewiesen und vergleichbar gemacht worden. Indessen dürfen einige constante Unterschiede der Sculptur zwischen der deutschen *Aporrhais* und der asiatischen nicht unberücksichtigt bleiben. Die Querstreifen der ersteren sind immer feiner; auch habe ich bei der Aralart auf keinem als dem oberen Kiel des unteren Umganges Höcker bemerken können, die bei der *A. speciosa* auf allen 3 Kielen zugleich vorkommen können. Ein andrer Unterschied von grösserem Belang ist jedenfalls der, dass die Querstreifen, welche die ganze Oberfläche der Schlusswindung auf der Art vom Aral bedecken, doppelter Natur sind, indem immer eine sehr feine mit einer doppelt so starken abwechselt, ein Verhältniss, welches bei der *A. speciosa* nicht vorkommt. Da auch Nyst nichts von diesem Verhältniss von Querstreifen zweifacher Natur bei der *R. Sowerbyi* erwähnt, so kann die Identität der Aralart mit einer bis jetzt bekannten doch wohl nur bedingungsweise gelten. Die *R. Sowerbyi* wird von d'Orbigny in die *étage falunien*, von Nyst aber in das *syst. tongrien* gestellt. Von der eocänen *R. pescarbonis* aus Ronca sagt Brongniart sehr bestimmt: «*les tours de spire ne sont point carénés, mais marqués de côtes lon-*

gitudinales, qui semblent être les tubercules alongés.» Mém. sur les terr. de sedim. sup. calcaréo trappéens du Vicentin. pag. 75, Tab. IV, fig. 2, *a*, *b*.

TORNATELLA SIMULATA Brander.

Tab. I, fig. 7.

Auricula simulata Sow. Min. Conch., pl. 163, fig. 8, 9, 10, 11.

Tornatella simulata Nyst, Coq. et polyp. foss. de Belg., pag. 423. Tab. 37, fig. 21.

Eine Anzahl Exemplare, die mir von der *T. simulata* aus England von Barton-Cliff vorliegen, zeigt die vollständigste Uebereinstimmung zwischen diesem schönen Fossil und einer grossen Anzahl von Exemplaren einer *Tornatellen*-Art, die durch Zertrümmerung eines grossen, sehr fossilienreichen Kalkfragmentes der Schicht *d.* vom Aral in völlig erkennbarem Zustande erhalten worden waren, von welchen die fig. 7 der Taf. I eine ziemlich gute Abbildung giebt. Das wesentliche Merkmal dieser Art, welches sie von den Tornatellen unterscheidet, die Deshayes aus dem Pariser Becken beschreibt, die *columella biplicata*, tritt mit gleicher Deutlichkeit hervor, wie das *transversim regulariter sulcata, sulcis profundis, regulariter punctatis.* Die Uebereinstimmung mit den englischen Exemplaren erstreckt sich bis auf die Anzahl der Falten, welche auf der untersten Windung bei den Tornatellen vom Aral wie aus England 18—20 beträgt. Die eigenthümliche Punktirung innerhalb der die Querstreifen trennenden Furchen ist ebenfalls vollkommen dieselbe bei den Individuen beider räumlich so weit geschiedenen Fundorte. Auch das *margine acuto, interne striato* ist übereinstimmend, wie die Grössenverhältnisse, von 8 bis 14 millim. Länge in welchen die Art am Aral vorkommt. Unter den Actaeonarten der mittleren und jüngsten Tertiärperiode nähert sich *Actaeon semistriatus* d'Orb. am meisten der *Tornatella simulata*, indessen gilt für ihn: *columella uniplicata; extremitatibus striatis; striis tenuissime puncticulatis.*

D'Orbigny stellt die *T. simulata* in die *étage parisien*, Nyst führt sie im *syst. tongrien* von Dumont auf.

BULLA PUNCTATA nov. sp.

Tab. II, fig. 8, *a*, *b*.

B. testa ovato-subcylindrica, utrinque umbilicata, transversim regulariter sulcata, sulcis omnibus tenuissime puncticulatis; apertura angusta, labio in plica dentiforme desinente.

Die Schaale dieser neuen Art vom Vorgebirge Kum-Suat aus der grauen Kalkschicht *d.* ist eiförmig, etwas cylindrisch; das Gewinde ist eingesenkt, die Spitze ausgehöhlt und die Oberfläche mit feinen, in sehr regelmässigen Intervallen gezogenen Querfurchen bedeckt, welche in ähnlicher Weise wie es bei *T. simulata* der Fall ist, mit sehr feinen Grübchen wie Nadelstiche versehen sind.

Unter den *Bulla*-Arten der späteren Tertiärzeit tritt die *B. utricula* Brocc. aus der *étage falunien*, der *B. punctata* am nächsten; unterscheidet sich aber von ihr durch *testa ovato-turgida, sulcis in utraque extremitate profundioribus punctatis.*

DELPHINULA INDETERM.

Tab. II, fig. 2, *a*, *b*.

Testa minima, orbiculato-depressa, laevigata; apice obtusa; anfractibus convexis; sutura separatis; ultimo maximo oblique-ovato, basique late umbilicato; umbilico intus carinato; apertura rotundata.

Die flachconische, genabelte und mit drei durch tiefe Näthe getrennten Umgängen versehene Schaale dieser Art ist glatt und mit regelmässigen Anwachsstreifen versehen. Die Schlusswindung ist doppelt so breit als die übrigen zusammengenommen und endet mit einer ovalen, zur Achse schief liegenden Mündung; ein weiter Nabel dringt tief in das Gehäuse.

Da keine der mir zugänglichen Beschreibungen und Abbildungen tertiärer *Delphinula*-Arten mit der vorliegenden specifische Aehnlichkeit besitzt, die sich besonders durch die auffallende Grösse ihres letzten Umganges, so wie die schwache Längenfurche auszeichnet, die auf dem letzteren in einiger Entfernung von der Nath zu bemerken ist, so halte ich die *Delphinula* vom Aral aus der Schicht *d.* für eine neue Art, deren Bestätigung zu erwarten ist. Das Fossil kommt mit den Vorhergegangenen im feinkörnigen, grauen Kalkstein *d.* in der Aralumgebung vor.

NATICA EPIGLOTTINA Lamk.

Tab. I, fig. 5, *a*, *b*.

Deshayes, desc. des coq. foss. des env. des Paris, pag. 165, Tab. 20, fig. 5, 6, 11.

Die Abbildung der fig. 5 würde in ihrer sehr mittelmässigen Beschaffenheit kaum geeignet sein die *Natica epiglottina* zu beweisen, wenn nicht besser erhaltene Exemplare die erst später durch Zertrümmerung eines Handstückes des Aral-Kalksteines *d.* blossgelegt wurden, als die Lithographie der Tafeln bereits vollendet war, die Identität der Art mit der Pariser ausser Zweifel gestellt hätten. Die Exemplare sind sämmtlich von geringer Grösse und bleiben selbst unter den Gränzen zurück, zwischen welchen sich ihre Repräsentanten im Pariser Grobkalk finden. Das sehr kurze Gewinde, aus vier Umgängen bestehend, welche durch eine zwar schwache, aber etwas vertiefte Naht verbunden sind; die breite Beschaffenheit der unteren Windung; die mässig grosse halbmondförmige, an dem oberen Ende enge, unten aber etwas ausgeschweifte Mundöffnung; endlich der durch eine Spiralschwiele halbverdeckte Nabel, sind die bestimmenden Kennzeichen der Exemplare der Art vom Aral und verleihen denselben vollständige Uebereinstimmung mit denen, welche von der *N. epiglottina* des Pariser Beckens, zum direkten Vergleich zu Rathe gezogen worden sind.

TURRITELLA SUBANGULATA Broc.

Tab. II, fig. 7.

Turbo subangulatus Brocchi Conchiliologia fossile pag. 374, Tab. VI, fig. 16.

Die im Ganzen gelungen zu nennende und treue Abbildung in $^3/_2$ der natürlichen Grösse zeigt, dass der Horizont des Formenkreises, dem die *Turritellen* angehören, die mit der gemein-

samen Benennung *T. subangulata* zusammen zu fassen sind, sich von dem Westen Europos bis nach Asien ausdehnt. Der Vergleich des Fossils von dem mehrere sehr rein aus dem Kalke des Aral losgetrennte Exemplare vorliegen, mit einer Anzahl von Formen der *T. subangulata* aus dem Wienerbecken, lässt keinen Zweifel über die Artenidentität. Sämmtliche Verhältnisse des Formendetails sind so vollständig dieselben, dass die Contouren der Exemplare vom Aral auf das genaueste mit denen der vortrefflichen Abbildungen zusammenfallen, welche Hörnes von dieser Art l. c. giebt; namentlich gilt dies von der fig. 7 in Bezug auf ein Individuum vom Aral, welches zufällig ganz gleiche Grössenverhältnisse und gleichen Grad der relativen Vollständigkeit besitzt. Die Eigenthümlichkeit der Skulptur der Windungen ist dieselbe. Die sehr feinen Querlinien treten bei allen Exemplaren mehr oder minder deutlich hervor. Die halbmondförmig gebogenen Zuwachsstreifen ebenso. Es ist als ein Fehler an der Abbildung fig. 7 zu rügen, dass der Lithograph, aufmerksam gemacht, die zarten Zuwachsstreifen nicht zu oberflächlich zu behandeln, dieselben stärker als es die Natur zeigt, hat hervortreten lassen.

Nach d'Orbigny gehört die *T. subangulata* Brocchi in die *étage falunien.*

TURRITELLA ANGULATA J. de C. Sow.

Tab. I, fig. 4.

Turritella angulata J. de C. Sowerby Trans. geol. soc. of London vol. V, pl. 25, fig. 7.
» *assimilis* J. de C. Sowerby l. c. fig. 8.
» *angulata* d'Archiac et Jules Haimes; description des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde pag. 294, Tab. 27, fig. 6, 7, 8, 9.

Die fig. 4 abgebildete *Turitella*, in den Formenkreis der *T. imbricataria* Lamk. und der *T. angulata* Sow. gehörig, erhält ihre Stellung in der Reihe der zahlreichen Varietäten der letzteren Art, welche den Typus zweier Specien geliefert haben: *T. angulata* und *T. assimilis*, die aber in der That nur in eine Art zusammenfliessen. Die gekielten Windungen sind deutlich mit zarten, halbmondförmigen Anwachsstreifen versehen. Der Kiel erscheint durch Abnutzung in der Zeichnung mehr abgestumpft, als es bei einem anderen Exemplar der Fall ist, wo selbst Spuren einer dichotomen Beschaffenheit desselben vorhanden sind. Vier stark prononcirte Streifen zeigen sich über und zwei unter dem Kiel. Die Nath wird durch eine scharfe, etwas eingesenkte, trennende Linie bezeichnet. Die Varietätsunterschiede der Art werden bedingt durch die schwankende relative Entfernung des Kiels von der oberen und der unteren Nath. Mit der grösseren Annäherung dieses Kieles an die untere Nath nehmen die Windungen eine gewölbtere Beschaffenheit an, zeigen weniger deutliche Anwachsstreifen und eine grössere Zahl von Querstreifen über dem Kiel. Das Extrem dieser Verhältnisse würde dann zur *T. assimilis* führen, d'Archiac l. c. pag. 295. Das Erscheinen der *T. ungulata* in der Aralumgebung hat ein um so grösseres Interesse, da hierdurch gewissermaassen eine Uebergangsstation dieser Species nach dem ferneren Osten angedeutet ist; denn die *T. angulata* ist aus der Halakette in Indien kürzlich bekannt geworden, wo sie in einer dunkelgrauen Kalkmergelschicht,

mit Ausschluss der Mehrzahl anderer tertiärer Fossilien auftritt, welche in der Halakette vorkommen. D'Orbigny stellt die *T. angulata* Sow. in die *étage falunien*. Eine durchaus von dieser verschiedene *Turritella* des *Néocomien* führt d'Orbigny in seiner *Palaeontologie française*, Tab. 151, fig. 4 als *angulata* auf, giebt ihr aber in dem *Prodrome* T. II, pag. 67 den Namen *T. angustata*.

MELANIA FRAGILIS Lamk.

Tab. IV, fig. 4.

Desh. descript. des coq. foss. des env. de Paris Vol. II, pag. 142, Tab. 13, fig. 6, 7.

Die Abbildung fig. 4 in verdoppelter natürlicher Grösse ist in ihrer sehr wenig gelungenen Beschaffenheit nicht geeignet die Art zu beweisen, welcher die vorliegenden Exemplare einer *Melania* aus dem grauen Kalke *a* der Aralumgebung aus folgenden Gründen zuzuzählen sind. Das: *testa ovato-turrita* bei Desh., welches in der That nicht durch die Zeichnung Tab. 13, fig. 6, 7 bestätigt wird, erscheint bei der Aralart als: *testa oblongo-subulata*. Das: *fragilissima* ist entsprechend wie das: *tenuissime striata et striis regularibus elegantissimis*; das: *anfractibus rotundatis* wäre bezeichnender durch: *anfractibus convexiusculis* auszudrücken, sowie das: *sutura valde profunda*, nur als *sutura profunda* erscheint; *apertura magna* ist bei der Aralart entschieden *ovato-oblonga;* das: *margine basi reflexo* stimmt vollkommen. Die feinen Sculpturverhältnisse sind ganz so wie sie Deshayes von der *M. fragilis* beschreibt; insbesondere die Disposition der aneinander gedrängten Längsfalten auf der letzten Windung unter *S.* Form. Die Grösse dieser Windung ist in der Zeichnung etwas zu bedeutend angegeben. Bei Exemplaren von 14 millim. Länge ist die Höhe der unteren Windung bis zur Basis 8 millim.; die grösste Breite der Gestalt 5 millim.; der Ausguss an der Basis ist deutlich. Von der *Melania Nystii*, mit welcher die Art allerdings Aehnlichkeit hat, wenn nur die Zeichnung fig. 4 von der Species vom Aral berücksichtigt wird, ist dieselbe schon sehr bestimmt durch das: *anfractibus inferioribus transversim striatis* geschieden. Nyst descript. des coq. et des polyp. foss. des terr. tert. de la Belg. pag. 411, Taf. 37, fig. 16.

D'Orbigny giebt der *M. fragilis* Lamk. von Grignon ihre Stellung in der *étage parisien*.

DENTALUIM GRANDE Desh.

Desh. Monog. du genre Dentâle pag. 45, pl. 3, fig. 1. 3.

In dem körnigsandigen Kalke *f.* der Aralumgebung kommen *Dentalium*-Fragmente häufig vor, welche theils dem *Dentalium grande* theils einer anderen, nicht mit Bestimmtheit zu ermittelnden Art angehören. Das; *testa tereti, subarcuata, laevigata, continua* des *D. grande* stimmt mit einer der Aral-Specien.

D'Orbigny stellt das *Dentalium grande* Desh. in die *étage parisien*.

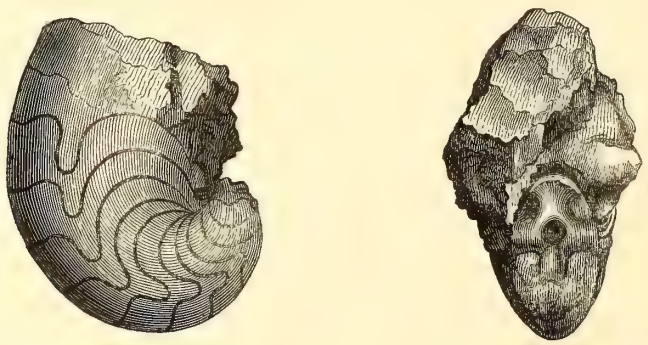
CEPHALOPODEN.

AGANIDES USTJURTENSIS nov. spec.

Testa subventricosa; anfractibus contiguis, ultimo alios obtegente; umbilicis clausis; septis extus concavis; utroque latere regulariter lobatis; dorsalibus recurvis; magno siphone infundibiliformi; marginibus simplicibus.

Aus dieser Charakteristik ergiebt sich, dass der am Vorgebirge Aktum-Suk, am westlichen Abfalle des Ust-Jurt gefundene wohlerhaltene Steinkern eines *Nautilus* von 10,5 Centim. Durchmesser, aus Kreide ähnlichen Kalken, einem *Genus* aus derjenigen Unterabtheilung der *Nautiliden* angehört, für welche d'Orbigny und Deshayes, den von Montfort für ein bestimmtes *genus* aus dem Bergkalk in Vorschlag gebrachten Namen der *Aganiden* aus Gründen annahmen, auf welche L. v. Buch zuerst aufmerksam gemacht hat, und die sich hauptsächlich auf die Lage des Sipho beziehen. Der Unterschied zwischen *Clymenien* und *Aganiden* würde also darin bestehen, dass die ersteren freistehende Windungen nnd einen engen Sipho besitzen, während bei den *Aganiden* die letzte Windung alle übrigen einschliesst und der Sipho von besonderer Grösse ist.

Der Durchmesser der Abbildung verhält sich zu dem des Fossils wie 4: 10.



Der vorliegende *Nautilus*, der die *Aganiden*-Charaktere vollständig besitzt, zeigt zahlreiche Kammerabtheilungen; breite hemisphärische Seitensattel, vor Allen aber schmale zungenförmige Seitenloben, die senkrecht herabgehend, mit ihren Spitzen die Lobenlinie der vorhergehenden Scheidewand nicht erreichen; der dicke und grosse Sipho liegt dicht an der Bauchseite wie bei *Clymenien*; die Rückenloben sind schwach nach Oben gekrümmt.

So tritt denn dieses interessante Fossil den *Nautileen* der frühesten Tertiär-Periode, welche als *N.* Zic-Zac; *N. Parkinsonii* und *N. Sowerbyi* aus der englischen Eocänformation, F. E. Edwards *Monograph of the eocene mollusca* pag. 52, Tab. IX, fig. *a*, *b*, fig. 49, Tab. VII, pag. 48, Tab. VI, beschrieben worden sind bedeutend näher, als allen bekannten *Nautileen* der Kreide und stellt sich gleichsam in die Mitte zwischen dem *N.* Zic-Zac Sow. und dem *N. lingulatus* von Buch. Von Seiten der Lobenverhältnisse zeigt der *Aganides ustjurtensis* allerdings auch einige

Aehnlichkeit mit dem ächten *Nautilus danicus* mit subcentralem und kleinem Sipho; d'Orbigny *cours element: de palaeontol*: Tab. II, pag. 679, fig. 562; und höchst interessant wäre es genau zu erfahren, ob der *Aganides* aus anscheinendem Kreidekalke, als Vertreter eines *genus*, welches bis jetzt nur auf die paläozoische und die Tertiärperiode beschränkt gefunden worden ist, in der Umgebung des Aral nicht etwa die *étage danien* oder das *terrain pisolithique* von Charles d'Orbigny über der Kreide anzeigt.

FORAMINEFEREN.

NUMMULITES PLANULATA d'Orb.

D'Archiac et Jules Haimes, description des anim. foss. du groupe nummulitique de l'Inde pag. 142, Tab. IX, fig. 5, 6 *a-c;* 7 *a-h*; 8 *a-d;* 9 *a, b;* 10 *a, b, c.*

Der oben näher bezeichnete, feste und marmorartige Nummulitenkalk *c.* vom Vorgebirge Isendé an der nordwestlichen Küste des Aralsees, ist buchstäblich nur aus kleinen Nummuliten gebildet, die hauptsächlich einer und derselben Art angehören und nur durch ihre Grössenverhältnisse unterschieden sind. Eine genaue Beschreibung dieser kleinen Fossilien, welche einen Durchmesser von $1^1/_2$ bis 3 millim. besitzen, wird durch die etwas angewitterte Beschaffenheit an einigen Stellen der Oberfläche, wie durch den polirten Anschliff des Gesteins erleichtert.

Auf den Schliffstellen erscheinen nur wenig dicke, *discoide*, oder sehr flache Formen im Querdurchschnitt, deren innere Struktur auf eine Nummulitenspecies mit dünnen Scheidewänden und einer geringen Anzahl von Windungen deutet. Diese Durchschnitte stimmen genau mit den Abbildungen, welche die fig. 7, *f*; 8, *c* und 10, *b*, der Tafel IX bei d'Archiac darstellen. Ausnahmsweise zeigen sich auch grössere Individuen, die mit den fig. 5, *a* und 6, *a*, derselben Tafel zu vergleichen sind. An einer Stelle der rauhen Oberfläche der Felsart sind Repräsentanten derselben Art von verschiedenen Grössen im reinen Längenschnitt, mit völliger Schärfe ihrer inneren Strukturverhältnisse sichtbar. Diese Formen zeigen eine überraschende Uebereinstimmung mit denen des *N. planulata* aus dem *terrain bruxellien* bei Renaix in Belgien und entsprechen ganz den Abbildungen der fig. 9, *b*, und im verjüngten Maassstabe auch der fig. 10, *c*, der Tab. IX d'Archiac. Die durch das Mikroskop geschärfte Betrachtung zeigt eine runde, sehr deutliche Centralkammer, um welche sich 4 bis 5, durch eine mässig starke Spirale getrennte Windungen legen, die nach Aussen progressiv an Breite zunehmen und durch wenig gekrümmte, in regelmässigen Abständen gestellte, dünne Scheidewände in Kammern von nahe gleicher Grösse getheilt werden, von welchen 7 auf einen Quadranten des äusseren Umganges zu zählen sind.

In dem Nummuliten führenden, Limonit und Brauneisenstein reichen Conglomerat *a* wovon pag. 3 die Rede gewesen, erscheint dieselbe Species auf Drusenräumen, durch Verwitterung des umschliessenden Gesteins völlig blossgelegt und frei dem letzteren anhaftend. Die Form dieser

Nummuliten von glänzender und glatter Oberfläche, entspricht vollkommen den fig. 7, *a*, und 8, *a*, abgebildeten Figuren der Tafel IX bei d'Archiac. Vergebens bemühte ich mich auf der Oberfläche der, in der Regel in der Mitte etwas bombirten Formen Granulationen, oder irgend eine Sculptur zu entdecken. Nur die sehr symetrisch vom Mittelpunkt sichelförmig zum Rande ausstrahlenden Streifen der Kammerseheidewände schimmern durch. Der Vorsprung der letzten Windung ist sehr deutlich auf dem scharfen Rande des Discus prononcirt. Die Brauneisensteinmasse, welche hier die sämmmtlichen Kammern der weisgelblichen, in Kalkspath verwandelten Nummuliten ausgefüllt hat, lässt auf dem angeschliffenen Querbruche die Disposition der Kammern sehr deutlich erkennen und zeigt namentlich die Centralkammer als einen, sehr bestimmt heraustretenden runden Punkt. So deutlich und übereinstimmend angedeuteten Kennzeichen zu Folge, ist das Wiedererscheinen des bisher nnr in West-Europa beobachteten *N. planulata* auf der Gränze von Asien kaum zu bezweifeln. Der Horizont der Verbreitungssphäre dieser Art, welche mit der *N. Lemeyriei* und *Ramondi* eine der ältesten der ganzen Gattung ist, d'Archiac loco citato pag. 144, trifft die Insel Wight, Barton-Cliff und Lacken in Belgien. Im Seine-Bassin charakterisirt der *N. planulata* die Muschelbänke der unteren Sande von Soissonnais. Die Art ist in den Pyrenäen verbreitet; auf dem westlichen Abhange der Alpen aber erst an einem Punkte bekannt geworden.

NUMMULITES IRREGULARIS Desh.

D'Archiac et Jules Haimes, description des anim. foss. du groupe nummulit. de l'Inde, pag. 138, Tab. VIII, fig. 16, 17, 18, 19.

In der tufartigen Varietät *b.* des Nummulitenkalkes vom Vorgebirge Aktum-Suk am westlichen Ufer des Aralsee, wie auch in dem, so eben besprochenen festen marmorartigen Kalke von Isendè-Aral, ist noch eine andere Nummulitenart häufig, welche mit grosser Deutlichkeit im Längendurchschnitt zu erkennen ist, den günstige Bruchstellen des Gesteins häufig vermitteln. Die Art erscheint als spirales Gewinde von 2 bis $3\frac{1}{2}$ millim. Durchmesser und besteht aus 3 bis 4 unregelmässigen Windungen, die schnell an Grösse zunehmen und durch stark aneinander gedrängte undulirende Kammern ausgefüllt sind. Die mikroskopischen Bilder dieser natürlichen Durchschnitte gleichen so vollkommen der fig. 18 von *Nummulites irregularis* auf Taf. IV. bei d'Archiac, dass eine Abbildung nur Reproduktion jener Form sein würde. Diesen Längenschnitten entsprechende Querschnitte legen dieselbe Art auf angeschliffenen Flächen des Kalksteins als äusserst feine, an *Orbituliten* erinnernde Streifen bloss, in welchen eine starke Loupe schon die raschzunehmende Breite der Windungen erkennen lässt.

Der *N. irregularis* ist zu Bos d'Arros bei Pau am Fuss der Pyräneen und in den weissen unteren Mergeln der Krimm häufig, wo die Art mit dem Zoll grossen *N. distans* verbunden vorkömmt.

NUMMULITES GUETTARDI d'Arch.

D'Archiac et Jules Haimes, descript. des anim. foss. du groupe nummulit. de l'Inde pag. 130, Tab. VII, fig. 18, *a*, *b*, und fig. 19, *a*, *b*.

Mit den vorhergegangenen Arten kommen kleinere Formen von 2 millim. im Durchmesser und 1 bis $^1/_2$ millim. Dicke vor. Nach dem Längenschnitt geöffnete Formen, wie sie an der Gesteinsoberfläche auf frischem Bruch entblösst erscheinen, zeigen eine bestimmte offene Centralkammer, sehr regelmässig gestellte, schwach geneigte Kammerwände und 4 bis 5 Windungen von nahe gleicher Breite im Ganzen. Die Formen, welche den Querschnitten dieser Species entsprechen, zeigen sich auf den Schlifflächen des marmorartigen Kalksteins als Elipsen mit mässig scharfer Zuspitzung und lassen ansehnliche Grösse der Windungen und bedeutende Stärke der Kammerscheidewände erkennen. Auch in dem Brauneisenstein-Conglomerat *a*. zeigt sich diese Nummulitenart in rundlich linsenförmiger Gestalt von $1^1/_2$ bis 2 millim. Durchmesser Die Oberfläche ist glatt, ohne Sculptur und Faltung, die indessen durch atmospbärische Einwirkung verloren gegangen sein könnte. Die unverkennbare Aehnlichkeit dieses Nummuliten mit den Abbildungen, welche Rütimeyer in seinem Schweizer Nummuliten-Terrain Tab. III, fig. 27 und Leymérie im *Mémoire sur le terrain nummulitique des Corbières et de la montagne noire* Tab. XIII, fig. 14, *a*, *b*, *c*, *d* von *N. globulus* geben, würde, nach alleiniger Massgabe der Querschnitte, zur Annahme der von d'Archiac *Nummulites Ramondi* genannten Art führen. *Terrain nummul. de l'Inde*, Tab. VII, fig. 13, *a*, *b*, *c*, *d*, 14, 15, 16, 17. Die einzigen Gründe, die mich abhalten den *Nummulites Ramondi* in dem vorliegenden Falle anzunehmen sind: die mit der Diagnose dieser Art pag. 128 bei d'Archiac in Widerspruch stehende geringe Anzahl der Windungen und die sehr deutliche, ziemlich geräumige Centralkammer, Charaktere die sämmtlich mehr auf *N. Guettardi* deuten.

ORBITULITES, ALVEOLINA und OPERCULINA.

zeigen sich in der eisenschüssigen Breccie wie in dem marmorartigen Nummulitenkalk mehr oder minder deutlich vertreten, ohne dass eine specifische Bestimmung möglich ist. So scheint eine auf dem Brauneisensteingrunde sich absetzende sternformige glatte Form für *Orbitulites stellaris* Rütim. zu sprechen, wenn sich darunter nicht vielleicht eine andere *Foraminifere* verbirgt. — In gleicher Weise könnten zahlreiche, in der dunkelbraunen Grundmasse zerstreute, sehr kleine weisse sphärische Körper auf *Alveolina Melo* deuten.

FISCHE.

LAMNA ELEGANS Agass.

Tab. VI, fig. 2, *a*, *b* und fig. 3.

Agass., poiss foss. III 289, Taf. 35, fig. 1—7, Taf. 37, fig. 58, 59.
Pictet. traité de Palaeontologie. Tom. II, fig. 230, Tab. 28, fig. 15.

Die Uebereinstimmung der abgebildeten Zähne mit denen von *Lamna elegans* bestimmt mich vorzüglich, dieselben diesem *genus* und auch der Art unter zu ordnen, die sowohl im Londonclay wie im Becken von Paris, in der Touraine, im Wiener-Becken und in Italien häufig gefunden wird. Es wäre möglich dass der Zahn den die fig. 3 darstellt dem *Genus Odontaspis* Agass. anheim fiele; indessen scheint mir das Resultat einer genaueren Erörterung dieser Frage von zu geringem Interesse, um dieselbe hier weiter zu verfolgen.

Schlussbemerkungen.

Die in dem Vorhergegangenen beschriebenen Arten, so wie die übrigen Belegstücke mitteltertiärer und quaternärer Bildungen welche die Butakoffsche Sammlung enthält, dienen zur vollständigen Bestätigung dessen, was über die geognostischen Verhältnisse des Ust-Jurt bereits im Jahre 1848 durch Herrn v. Helmersen in dem fünfzehnten Bande der Beiträge zur Kenntniss des russischen Reiches pag. 284 mitgetheilt worden ist. — Es steht somit fest, dass an den westlichen Steilrändern des Aral-Bassin wirklich eine vollständige Aufeinanderfolge aller Ablagerungen stattfindet, durch welche von der oberen Kreide an, der ganze Zeitraum repräsentirt ist, der in der Tertiärzeit die fünfte grosse geologische Epoche der Lebenwelt umfasst.

Die Unterabtheilungen, welche für dieses tertiäre Formationsganze mit grosser Uebereinstimmung überall dieselbe Gültigkeit gezeigt haben:

1. Das Nummuliten-Terrain oder die *étage suessonien* d'Orbigny,
2. Das obere Eocän oder die *étage parisien* d'Orbigny,
3. Die Molasse oder die *étage falunien* d'Orbigny,

sind in der Aral-Umgebung vorzugsweise durch solche Arten repräsentirt, welche in ihrer typischen Constanz streng durchgehende Zonen begründen. Vollständig verträglich mit dieser Grundwahrheit scheint sich im Aralgebiet aber auch diejenige zu bestätigen, dass eine absolut scharfe und trennende Gränze zwischen der Fauna der Kreide und der Tertiärzeit ebenso wenig

existirt, wie eine solche zwischen der älteren oder eocänen Abtheilung und den jüngeren, neuerlich unter der Benennung Neogen zusammengefassten Abtheilungen der Tertiär-Formation anzunehmen ist. Auf das Erscheinen des *Aganides ust-jurtensis*, in Bezug auf das *terrain danien*, bei dieser Betrachtung kein grösseres Gewicht legend, als das Fehlen jeder genauen, die geognostische Stellung des Fossils betreffenden Angabe gestattet, scheint mir das Mitvorkommen der *Ostrea vesicularis* in dem eisenreichen Brecciengestein *a.* von entscheidenderem Werthe, welches Nummuliten-Arten beherbergt, die zu den ältesten Repräsentanten des *Genus* gehören. Die *Ostrea vesicularis* aus der Schicht *a.* scheint dieselbe, welche in den Senonschichten des südlichen Russland bekannt und auch in derjenigen orbitulitenreichen *Facies* eine Stelle einnimmt, die Leymerie in dem *Mémoire: sur un nouveau type pyrenéen, parallèle à la craie proprement dite, Mém. de la Soc. géolog. de France, Tome IV, première partie*, pag. 199, Tab. X. fig. 2 und 3, beschrieben und abgebildet hat.

Unter den 35 Arten, welche in dem Vorhergegangenen aus den Schichten *d*, *e* und *f*, über dem Nummulitenkalk *c* beschrieben worden, befinden sich 24, welche mit dem Rechte der grössten Wahrscheinlichkeit als bekannt, der *étage parisien* von d'Orbigny anheimfallen. *Ostrea cymbula* Lamk. — *Cardium semigranulatum* Sow. — *Cytherea nitidula* Lamk. — *C. rustica* Desh. — *Solecurtus Lamarckii* Desh. — *Voluta spinosa* Lamk. — *V. depauperata* Sow. — *V. ambigua* Solander. — *V. suspensa* Sow. — *Fusus bulbiformis* Lamk. — *F. conjunctus* Desh. — *F. longaevus* Lamk. — *F. crassicostatus* Desh. — *F. intortus* Lamk. — *Rostellaria macroptera* Lamk. — *R. fissurella* Lamk. — *Tornatella simulata* Brander. — *Turritella angulata* Sow. — *Melania fragilis* Desh. — *Natica epiglottina* Desh. — *Pleurotoma macilenta* Solander. — *Pl. prisca* Desh. — *Cassidaria striata* Sow. — *Dentalium grande* Desh.

Von den übrigen eilf Arten sind fünf unbestimmt und scheinen neu: *Cardium aralense nov. sp.* — *Isocardia nov. sp.?* — *Pinna nov. sp.* — *Delphinula indeterm;* — *Bulla punctata nov. sp.* Drei Arten sind in Bezug auf Identität ungewiss: *Ostrea ventilabrum* Goldf. — *Ostrea virgata* Goldf. — *Triton indeterm.*

Dagegen sind *Rostellaria Sowerbyii*, — *Turritella subangulata* und die bis jetzt nur in Belgien vorgekommene *Isocardia multicostata*, die sich in gleichem sandigen Kalkstein *d*, mit ächten eocänen Formen finden, für West-Europa entschieden miocäne Arten. Diese letzte Thatsache ist es, auf welche hier das grösste Gewicht fällt. — In Bezug auf die übrigen Species halte ich es wohl für möglich, dass eine Revision meiner, zum Theil nur auf unvollkommen erhaltene Exemplare basirten Bestimmungen, mit Hülfe vollständigerer Suiten von den jedenfalls überreichen Fundorten am Westufer der Aralsee, demnächst hier und dort Abänderungen in Bezug auf die Species herbeiführen wird, glaube aber, dass der eocäne Charakter allen Arten bleiben muss, welchen derselbe in der Beschreibung beigelegt worden ist. Auch werden künftige Untersuchungen zu zeigen haben, ob die, vorläufig als *Ostrea ventilabrum* und *O. virgata* bezeichneten Arten wirklich die Aequivalente gleichnamiger miocäner Formen in Europa sind, und ob auch die anderen unbestimmt gelassenen sich als eocäne Species herausstellen werden.

II KREIDE-VERSTEINERUNGEN AUS DER KIRGISENSTEPPE.

NATICA FAVRINA Pictet et Roux.

Pictet, Description des mollusques fossiles des grés verts des environs de Geneve pag. 181, Tab. 18, fig. 4, *a*, *b*, *c*, *d*.

Eine bedeutende Anzahl von *Naticen*, in Grössenverhältnissen von 15—23 millim. Höhe, zeigt die unter sich wenig abweichenden Formen einer Art, welche um der Aehnlichkeit willen besonders interessant ist, die sie mit *N. epiglottina* besitzt.

Die Normalgestalt dieser sehr zierlichen Art, besitzt eine eiförmige kuglige Schaale von nahe gleicher Höhe und Breite, bauchig und mit schiefen, sehr regelmässigen Anwachsstreifen, die in der Nähe der Mundöffnung zu starken Runzeln anschwellen können, welche durch tiefe Furchen getrennt sind. Das Gehäuse besteht aus sphärisch gewölbten Windungen, die durch einen schwachen, aber deutlichen und bisweilen stärker vertieften Sutural-Canal getrennt sind. Die Mundöffnung ist halbmondförmig; ziemlich stark geneigt und weit hervorstehend. Der Nabel ist sehr klein, die innere Lippe ist grade und ohne Spur einer Spiralschwiele. Der rechte Mundsaum ist an seinem oberen Winkel etwas verdickt, und biegt sich ohne Einschnitt sogleich zur linken Lippe über. Der Spiralwinkel der Schaale beträgt 110°. Dass Verhältniss der Gesammthöhe zu der der letzten Windung ist wie 1 : 0,75, in den Normalgestalten. Variante Formen bei welchen das Gewinde susammengedrückt erscheint, zeigen dies Verhältniss wie 1 : 0,80 und 0,82 und haben folglich einen entsprechend vergrösserten Spiralwinkel. Bei diesen letzteren Formen läuft die erste Windung des Embryonalendes ganz mit der zweiten Windung zusammen und hiermit verschwindet auch die Spitze der Spira. Es ergiebt sich aus dieser Schilderung, dass die *Natica* der Kirgisensteppe befriedigend mit der *N. Favrina* übereinstimmt, welche zu der IV. Gruppe der *Naticae praelongae* von d'Orbigny gehört und den Grünsand des Gault bezeichnend, von diesem Gelehrten in seine *étage albien* gestellt worden ist.

BUCCINUM TURANENSE nov. spec.

Tab. II, fig. 9, *a*, *b*.

Buccinum testa crassa oblique ovata, convexo-depressa, transversim late sulcata; spira obtusa; anfractibus superne canaliculato-spiratis; ultimo anfractu inflato, labio intus laevigato; columella callosa; canali dilatato, truncato.

Es ist mir nicht gelungen, diese *Buccinum*-Form, welche sich in den Grundzügen der Gestalt am meisten dem *B. neriteum* des Mittelmeeres annähert, *Philppi Fauna mollusc. viv. regni utriusque Siciliae* Tom. II, pag. 189, auf eine bekannte beschriebene oder abgebildete Art zurückzuführen.

Die dicke Schaale ist schief eiförmig, mit schwach gewölbtem Rücken. Das Gewinde ist stumpf; der Umgänge sind 4; an den Näthen sind sie durch eine schwache, canalartige Vertie-

fung getrennt. Der rechte Rand der eliptischen Mundöffnung ist scharf, inwendig glatt. Die Spindel ist von einer callösen Masse bedeckt und die Mündung am Grunde zeigt eine breite canalartige Ausrandung. Die ganze Oberfläche ist mit 32 bis 34 gleich breiten, etwas erhabenen Querstreifen besetzt, welche je zwei durch einen feineren Streifen von einander getrennt sind. Die Zuwachsslinien werden mit der Annäherung an den Mundsaum immer bemerkbarer und geben in einiger Entfernung von demselben zu einer Art von Naht Veranlassung, die in beiden Figuren hervortritt. Da das Fossil in demselben grauen Kalkstein vorkömmt, der auch die *Natica Favrina* beherbergt, so kann die bathrologische Stellung desselben keinen Augenblick zweifelhaft sein. Allerdings scheint das *Buccinum gaultinum*, welches d'Orbigny Tom. II, der *Palaeontologie française* pag. 350 beschreibt, viel Aehnlichkeit mit der in Rede stehenden Art zu besitzen, allein weder die Diagnose, noch die Abbildung pl. 233, fig. 1, 2 genügen, um den Grad dieser Aehnlichkeit zwischen beiden Gestalten genauer zu prüfen und eine mögliche Identität beider Arten darauf zu begründen. Die von d'Orbigny beschriebene Art wurde von d'Archiac zu Machéromenil in den Ardennen im Schoosse des Grünsands des Gault entdeckt. Für die Wahl der specifischen Benennung des ausgezeichneten, sehr an *Cassis* erinnernden *Buccinum* aus der Kirgisensteppe habe ich der Reminiscenz an seinen Fundort bestimmendes Gewicht gegeben. Die Darstellung auf Tab. II, ist in natürlicher Grösse.

PTEROCERA BICARINATA d'Orb.

Tab. I, fig. 2.

D'Orbigny, Palaeontologie française, Tome II. fig. 307. Pl. 208, fig. 3, 5.

Das Fossil, demselben sandigen Kalkstein angehörig, der die vorhergegangenen Arten einschliesst, kann als aechte Gaultform nicht zweifelhaft sein, da es die wesentlichsten Charaktere der beiden Arten: *Pterocera retusa Pictet; description des mollusques foss. et des grès verts de Génève*, pag. 263, Tab. 25, fig. 11, und *P. bicarinata* d'Orb. theilt und gewissermassen zwischen beiden in der Mitte steht. Es kann hier somit nur auf die Andeutung der geringen Unterschiede ankommen, durch welche die asiatische *Pterocera*-Art, meiner Ansicht nach nur eine Varietät der *Pterocera bicarinata* aus dem Gault des südlichen Frankreich, sich von dieser Species unterscheidet. Das: *labro tridigitato* erscheint, der defekten Beschaffenheit des Exemplares wegen, nur wahrscheinlich; das *canali elongato* ist nach Maassgabe eines nicht abgebildeten, mit diesen Theilen versehenen Exemplars in *canali brevi* umzuändern. Unterschiede zeigen sich ferner in dem Verhältnisse der starken und sehr regelmässigen Streifungen, welche die unterste Windung dergestalt bedecken, dass drei Streifen zwischen den beiden Kielen, 4 bis 5 noch deutlich erkennbare vor und 4 bis 5 hinter den Kielen zu liegen kommen. Die Mundschwiele verhüllt die hinteren Umgänge an der unteren Seite vollständig und bringt auf derselben eine schwach undulirende Fläche hervor, welche eine callöse Anschwellung auf der rechten Seite der hinteren Hälfte des letzten Umgangs bedingt, die an den Buckel erinnert, den die Figur 3 und 4 der d'Orbigny'schen Abbildung des *Pterocera bicarinata* zeigen. Von dieser Schwiele ab

greift der Mundlappen wie ein firnissartiger Ueberzug vollständig um die letzte Windung herum und scheint, dieselbe umhüllend, in den Lappen des linken Mundsaumes überzugehen.

III. PFLANZENABDRUECKE AUS DER KIRGISENSTEPPE.

CORYLUS INSIGNIS. Heer.

Tab. VII, fig. 1, 3.

Heer. Flora Helvetiae tertiaria S. 43, Tab. LXXIII, fig. 11 — 17.

Fig. 1, die Blattspitze und auch theilweise der Seitenrand fehlen. Es scheint mir das Blatt nicht verschieden zu sein von Fig. 3. Zu *Planera-Ungeri* kann es nicht gehören; die Secundärnerven sind weniger zahlreich, stehen daher weiter auseinander: die unteren besitzen ziemlich zahlreiche rundläufige Tertiärnerven ganz wie bei *Corylus*, während dies bei *Planera* nicht der Fall ist. Ferner ist der Rand bei *Planera* schärfer und tief gezahnt. Die Originale machen es wahrscheinlich, dass dieser Rand bei dem Blatt aus der Kirgisensteppe doppelt gezahnt war. In der Abbildung tritt die Bezahnung keinesweges deutlich hervor. Fig. 3 stimmt wohl überein mit den Blättern des *Corylus insignis* vom hohen Rhonen. Dass Blatt ist vorn in eine Spitze auslaufend, der Rand ist deutlich doppelt gezahnt. Die unteren Secundärnerven sind mehr genähert als die oberen; sie senden starke und ziemlich zahlreiche Tertiärnerven aus. Durch diese letzteren Charaktere unterscheidet sich vornehmlich *Corylus* von *Alnus*. Sonst sehen die Erlenblätter denen von *Corylus* sehr ähnliche. Von *Carpinus* unterscheidet sich das Blatt leicht durch die stark entwickelten Tertiärnerven.

TAXODIUM DUBIUM Heer.

Tab. VII, fig. 2.

Heer. Flor. Helv. tert., Tab. XVII und XXI, fig. 3.

Sehr wohl stimmend mit den auf den citirten Tafeln gegebenen Abbildungen.

DRYANDRA UNGERI Ettingh.

Tab VII, fig. 4 und Tab. VIII, fig. 1.

Dryandra Ungeri, Ettingh., Proteaceen der Vorwelt, in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaft zu Wien 1851, Tab. VI, fig. 1.

Comptonia dryandroides. Unger, fossile Flora von Sozka, Tab. XXVII, fig. 1.

Stimmt sehr wohl überein mit den Blättern von Sotzka. Sehr ähnlich ist die *Myrica* (*Comptonia*) *Gaudini* Heer. Flor. Helv. tertiaria pag. 34. Die Blatt-Basis aber ist etwas anders gebildet. Von *Myrica oeningensis* unterscheidet sich das Blatt: durch die etwas andere Form

und Richtung der Lappen, welche tiefer gespalten; durch die sehr dicke und starre Mittelrippe und die offenbar festere und lederartige Consistenz. Es ist keine *Myrica*, sondern eine *Dryandra*. Tab. VII, Fig. 4 zeigt die Blattspitze. Tab. VIII, Fig. 4 aber ein Blattstück näher der Basis.

ZIZYPHUS TILIAEFOLIUS Heer.

Tab. VII, fig. 5, 6.

Heer. Flor. Helv. tert. Tab. CXXIII, fig. 1—7.

Palcunus Faronii, Unger Chloris protog. *Ceanothus tiliaefolius* Unger Chloris protog.

Unger hat in seiner Chloris zwei sehr ähnliche Blätter unter verschiedenen Namen aufgeführt; das eine welches vorn stumpf zugerundet ist, nennt er *Palcunus Faronii*, das anderere, das vorn in eine kurze Spitze ausläuft aber *Ceanothus tiliaefolius*. Nach der Ansicht von Heer. sind, diese beiden Formen als zusammengehörig und nicht specifisch getrennt zu betrachten. Fig. 5 stimmt sehr wohl mit dem *Palcunus Faronii*, soweit das Blatt erhalten ist; allein offenbar fehlt die Spitze, da dort die Secundärnerven in den Rand auslaufen, während sie sicher bei vollständig erhaltenem Rande bogenläufig sind. Es ist daher wahrscheinlich dieses Blatt eigentlich auch von einer Spitze ausgehend, wenn es vollständig erhalten ist. Dafür spricht denn auch fig. 6; Tab. VII welches Blatt nicht von dem der fig 5 verschieden scheint. In den Schweizer-Alpen kömmt *Ceanothus tiliaefolius* Unger ziemlich häufig am hohen Rohnen vor und hier wird zuweilen bemerkt, dass der unterste Tertiärnerv fast an der Basis des seitlichen Hauptnervs entspringt, so dass das Blatt beinahe zu einem *folium quintuplinerve* wird, wie das die fig. 6 im linken Blatte sehr deutlich zeigt. Durch einen Fehler des Litographen ist der Tertiärnerv etwas zu weit von dem Secundärnerv entfernt gestellt, wie sich dies aus dem wiederholten Vergleiche mit dem Original ergiebt. Somit vereinigen sich wichtige Gründe dafür, dass *Palcunus Faronii* und *Ceanothus tiliaefolus* wohl nicht specifisch zu trennen sind, und dass Tab. VII, fig. 5 der Form entspreche, die Unger unter den ersteren Namen beschrieben hat. Im Uebrigen findet sich im dritten Bande der Flora Helv. tert. der Nachweiss, dass die hier beschriebene Pflanzenspecies zur Gattung *Zizyphus* gehört und mit dem *Zizyphus Jujuba* Lamk. nahe verwandt ist, daher sie von Heer. als *Zizyphus tiliaefolius* aufgeführt worden ist. Fig. 6 zur Rechten zeigt ein Blatt von *Planera* oder *Ulmus*, aber zur Bestimmung zu undeutlich; die Bezahnung ist allerdings etwas mangelhaft erhalten und deshalb auch schlecht gezeichnet.

QUERCUS NIMRODI Unger.?

Tab. VII, fig. 7.

Da die Basis und Spitze des Blattes fehlen, ist die Bestimmung schwierig. Die Nervenbildung ist indessen ganz wie bei *Q. Nimrodi*; nur sind die stärker hervortretenden Secundärnerven, welche in die Zähne hinauslaufen, abweichend. In Betracht kann auch die *Castanea atavia Ung.* kommen. Zur sicheren Bestimmung muss der Erhalt vollständiger Exemplare abgewartet werden.

QUERCUS DRYMEJA Unger.

Tab. VIII, fig. 8.

Die Zähne sind allerdings etwas schärfer geschnitten und etwas grösser als bei den Schweizer-Exemplaren. Im Uebrigen aber stimmt das Blatt wohl zu dieser Art.

GARPINUS GRANDIS Heer.

Tab. VII, fig. 9 und Tab. VIII, fig. 5.

Heer, Flor. Helv. tert. Tab. LXXIII, fig. 2—4.

Stimmt sehr wohl mit den grossen Blattformen. Die Randzähne sind wahrscheinlich schlecht erhalten, sonst würde man sehen, dass das Blatt doppelt sägezähnig ist. Bei den kleinen Blättchen, Fig. 14, *b*, ist der Auslauf der Secundärnerven zum Theil undeutlich gezeichnet, denn die Secundärnerven laufen, wie es auf den Originalstücken wirklich gesehen werden kann, nicht in die Zahnfurchen, sondern in die Zähne aus. Auch lässt die Wiedergabe der Zahnbildung in der Zeichnung allerdings Einiges zu wünschen.

FAGUS ANTIPOFII, nov. sp.

Tab. VIII, fig. 2.

F. foliis ovato-elipticis, repando-undulatis, nervis secundariis utrinque 13 — 16. Ein ausgezeichnetes Buchenblatt, nahe verwandt mit *Fagus sylvatica L.*; hat auch einen ganzen und buchtig-welligen Rand, straffe, parallele, in grader Linie auslaufende und randläufige Secundärnerven. Unterscheidet sich aber von *F. sylvatica* durch das längere und vorn allmählig in eine Spitze verschmälerte Blatt und namentlich die zahlreichen Secundärnerven. *F. sylvatica* hat in der Regel 8 (selten 7 oder 9) Secundärnerven, während *F. Antipofii* 13—16 solcher hat. Von tertiären Buchenarten ist die häufigste die *F. Deucalionis* Unger, zu welcher als synonym, *F. Haidingeri* und *F. attenuata* Göpp. gehören. Diese Art unterscheidet sich von *F. Antipofii* durch die gezähnten Blätter und nähert sich dadurch der amerikanischen Buche, während die *F. Antipofii* der europäischen Art gleicht. Wohl nur irrthümlich sagt Göppert in seiner Diagnose der *F. attenuata*: *foliis integris*, *subundulatis*, denn die Abbildung: tertiäre Flora von Schossnitz, Taf. 5, Fig. 9, zeigt sehr deutlich gezähnte Blätter.

SEQUOJA LANGSDORFII.

Tab. VIII, fig. 3, 4.

Heer, Flora Helv. tert. I, Taf. XXI, fig. 4.

Fig. 12 stimmt vollkommen mit den Exemplaren von Heer überein, aber auch Fig. 13 ist davon nicht zu trennen. Bei *Glyptostrobus Ungeri* Heer kommen allerdings kleine Zweige mit abstehenden Blättern vor, allein diese sind zarter und am Grunde nicht zusammengezogen, während bei Fig. 4 die Blätter am Grunde etwas schmäler sind als weiter unten.

FICUS POPULINA Heer

Heer Flora Helv. tert. pag. 66, Taf. LXXXV, fig. 1—7, Taf. LXXXVI.

Könnte für *Populus* genommen werden, wenn nähere Untersuchung der Charaktere die *Ficus*-Natur nicht so deutlich erkennen liesse. Steil aufsteigende Hauptnerven in spitzem Winkel auslaufend. Blatt vorn in einen Zipfel ausgehend und der Rand gekerbt. Flache, dem Rande parallel laufende Bogen der Nerven, in welche die zarten Secundärnerven in fast rechten, sogar stumpfen Winkeln auslaufen. Nerven fast horizontal verlaufend.

Die Aehnlichkeit mit Tab. LXXXVI, fig. 5 ist besonders gross. Mittelnerv stark. Seitennerven stark nach vorn gebogen und in flachem Bogen verbunden. Hauptfelder reichen weit hinaus und sind durch die Zwischenadern in grosse Maschen getheilt. Ausserhalb der Bogen machen sich kleine Randfelder bemerklich, die ebenfalls geschlossen sind und ein zartes Netzwerk einschliessen.

LIQUIDAMBAR INDETERM.

Ein ausgezeichnetes, schön erhaltenes Blatt von 111 mm. Länge des Mittelnerv, welches entweder einem *Acer* oder *Liquidambar* angehörte. Die mit grosser Klarheit vorliegenden Hauptkennzeichen, welche die Bestimmung des *genus Liquidambar* hier bestimmt motiviren sind mit vergleichender Berücksichtigung der von Heer l. c. gegebenen sehr ausführlichen Untersuchungen über die tertiären *Liquidambar*-Arten die folgenden: das Blatt ist fünflappig; die beiden unteren Lappen von etwa 75 mm. Länge noch ein Mal gelappt. Sehr deutlich erkennt man wie die Mittelnerven der beiden unteren Lappen, der von O. Weber gemachten Bemerkung gemäss, nicht unmittelbar in den Blattstiel eingefügt sind, sondern in den Hauptnerv der zunächst oberen Lappen. In ganz ähnlicher Weise entspringen die Mittelnerven der untersten Auxiliarlappen aus der Basis der Mittelnerven des 4ten und 5ten Lappens. Die Bezähnung der Blattränder ist sehr regelmässig, scharf und bestimmt, denn alle Zähne stehen an den Spitzen 2 millim. auseinander. Die Verbindung der Secundärnerven zu flachen Bögen, in einiger Entfernung vom Rande, ist unverkennbar. Die hier angegebenen Kennzeichen bringen das Blatt dem *Liquidambar europaeum* Heer Flora Helv. tert. Tab. LI, und LII, fig. 1—8 sehr nahe und geben selbst der Möglichkeit Raum, dass dasselbe eine Varietät dieser Art darstellen könnte, welche durch die grosse Mannigfaltigkeit besonders bemerkenswerth ist, deren ihre Blätter fähig sind.

Allgemeine Bemerkungen.

Von den 11 hier aufgeführten Arten ist eine neu: *Fagus Antipofii Heer.*; eine andere, *Liquidambar* unbestimmt, alle übrigen aber finden sich in der miocänen *Flora Europas* vor.

In dieser können wir drei Hauptstufen unterscheiden:

1. die untere Süsswasser-Molasse, deren unterste Glieder neuerdings mit dem Namen des Oligocänen belegt wurden;
2. die marine Molasse und:
3. die obere Süsswasser-Molasse.

Zur unteren Molasse gehören von schweizerischen Lokalitäten z. B. Monad, Paudeze, Belmont. Rochette, Enz, Clarhausen, hohe Rhonen; von östreichischen: Sotzka, Radoboy, Sagan, M. Pronina, Häring, Altsattel etc., welche Lokalitäten die östreichischen Paläontologen früher irriger Weise für eocän bezeichnet hatten. Die marine Molasse bildet einen sehr schönen Horizont im Rhonebecken der Schweiz; im Wienerbecken etc. Zur oberen Süsswassermolasse gehören: Albis, Trohel, Schatzburg, Oeningen; in Deutschland Garschlug; Elbogen in Böhmen, Talya in Ungarn.

Ein Vergleich der *Flora* der Kirgisensteppe mit derjenigen der Schweiz, wenigstens nach dem vorliegenden, freilich noch unvollständigen Material zeigt, dass dieselbe unbedenklich der unteren Molasse einzureihen ist, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

Carpinus grandis, *Corylus insignis*, *Dryandra Ungeri*, *Sequoia Langsdorfii* und *Ficus populina* finden sich nur in der unteren Molasse.

Taxodium dubium, *Quercus Drymeja* und *Zizyphus tiliaefolius*, kommen in der unteren, aber zugleich auch in der oberen Molasse vor; in dieser letzeren aber äusserst selten. Wir haben also fünf Arten, welche der unteren Molasse ausschliesslich angehören: drei Arten welche beiden Stufen der Formation gemeinsam sind, indessen in der oberen nur sehr selten vorkommen, und keine Art, welche ausschliesslich nur in der oberen Molasse sich findet.

Die *Quercus Nimrodi*, die in der oberen und unteren Molasse vorkommt, ist dabei ausser Acht gelassen, da sie für die Kirgisensteppe noch zweifelhaft ist. In Betreff der obigen Arten dürfte noch Folgendes zu beachten sein.

1. Die Gattung *Fagus* fehlt in der jetzigen *Flora* Russlands fasst ganz und kömmt so viel wir wissen nur im Kaukasus vor. Zur Tertiärzeit aber fand sie sich in der Kirgisensteppe, in einer der jetzigen europäischen Buche sehr ähnlichen Art vor.

2. In der Gattung *Dryandra* hatte die *Flora* der Kirgisensteppe einen neuholländischen Typus, der also zur Tertiärzeit auch im Innern Asiens zu Hause war.

3. Die Gattungen *Taxodium* und *Sequoia* finden sich jetzt in sehr ähnlichen Arten in America; erstere in Virginien, Georgien und Mexico, letztere in Californien. Zur Tertiärzeit waren sie wie es scheint über ganz Europa verbreitet und reichten selbst nach Asien hinein. Sie bildeten wohl damals einen Gürtel um die ganze nördliche Hemisphäre herum.

Durch die geologischen Untersuchungen in den kaukasischen Ländern sagt Heer eröffnet sich uns eine neue Welt. Da auch dort die letzte grosse Hebung in die Zeit der Molassenperiode fällt, gerade wie in den Schweizer-Alpen, gewinnt dieses Phänomen an Grossaartigkeit und Bedeutung. Es muss eine der grossen Hauptepochen in der Geschichte der Erde bezeichnen, in welcher das Relief der Länder in ungeheuerer Ausdehnung sich veränderte. Es ist daher begreiflich,

dass auch in der organischen Welt, eine grosse Veränderung vor sich ging, wie eine Vergleichung der tertiären Versteinerungen mit den diluvialen in der That zeigt. Von der diluvialen quaternären *Flora* kennen wir leider noch sehr wenig; ein sorgfältiges Studium der Kalktufe kann uns aber vielleicht doch darüber noch Aufschlüsse geben. Wir haben dieselben bis jetzt zu sehr vernachlässigt und doch rühren wahrscheinlich noch die mancher Lokalitäten aus jener Zeit her. Da die diluvialen Pflanzen fast durchaus mit jetzt lebenden Arten übereinstimmen, ist es freilich sehr schwer zu entscheiden, ob wir es mit alten oder mit jüngeren Bildungen zu thun haben. Unter Blättern aus dem Travertin von Kertsch zeigte sich *Ulmus campestris*; andere entbehren noch der Deutung. Die Ansicht, dass zur tertiären Zeit ein grosser Theil Russlands Seegrund gewesen, ist schon anderweitig, namentlich von Edw. Forbes ausgesprochen worden, welcher auf die nordischen Moluskenformen hinweist, die aus der pliocenen Zeit in den Mittelmeerländern gefunden werden. Wenn wir annehmen, dass zur Tertiärzeit der Westen Europas mit Amerika in Verbindung stand, dagegen durch ein Meer von Asien getrennt war, so erklären sich gar manche merkwürdige Erscheinungen in der Pflanzen- und Thierwelt jener Zeit. So namentlich der vorherrschend amerikanische Charakter der tertiären *Flora*, während die *Flora* Europa's mit der nordasiatischen im Wesentlichen übereinstimmt. Es geht dieser Charakter bis an die Lena, während das Amurland und das östlichste Sibirien gar manche amerikanische Typen enthält. Man hat gegen die Hypothese des einst dagewesenen Zusammenhanges Europas mit Amerika eingewendet, dass einige Ablagerungen in Holland und Dänemark von den Einwirkungen des Golfstroms herrühren müssen. Allein es scheint durchaus nicht bewiesen, dass diese Ablagerungen zur Tertiärzeit stattgefunden haben. Zur Diluvialzeit trat aber das Einsenken der *Atlantis* ein und stand wohl mit der Hebung Europas in einem sehr nahen Zusammenhang, denn wir können uns eine so grossartige Hebung kaum denken, ohne dass mit derselben eine entsprechende Senkung in Verbindung gestanden hat. Schon während der Diluvialzeit kann daher der Golfstorm entstanden sein, wenn er auch schon wegen des Zusammenhanges Englands mit dem Festlande, damals eine andere Richtung einschlagen musste als gegenwärtig. Die Diluvialzeit dauerte aber so lange, dass dieselbe einen hinreichenden Zeitraum für jene Ablagerungen darbietet.

Aus der vergleichenden, von Herrn Heer angestellten Untersuchung der Pflanzen aus sehr verschiedenen Gegenden Piemonts durch Professor Gaetaldi gesammelt, ergiebt sich, dass dort dieselben Formationen sich wiederholen, die sich in der Schweiz finden. *Cadibona* u. s. w. entspricht der unteren schweizer Süsswassermolasse; *Superga* der Meeresmolasse und *Guareno*, *Chieri*, *Monza* und *Sarzanello*, der oberen Molasse. Es kehren zum Theil dieselben Species wieder, so dass in damaliger Zeit der Vegetationscharakter auf beiden Seiten der jetzigen Alpen noch kein wesentlich verschiedener war; wohl eben weil die Alpen damals in der jetzigen Höhe und Configuration noch nicht existirt haben. Merkwürdig ist, welche grosse Verbreitung einige Pflanzen in damaliger Zeit gehabt haben. So findet sich die *Sequoia Langsdorfii*, welche unter den Pflanzen der Kirgisensteppe erscheint, nicht nur in Deutschland und in der Schweiz sondern auch in Italien bis nach Sinegaglia hinab.

Beschreibung der Tafeln.

Tab. I.

Pag.
Fig. 1, *a. b.* Isocardia multicostata. Nyst. 545
2, *a. b.* Voluta ambigua. Solander 549
3, ... Rostellaria macroptera. Lamk. 555
4, ... Turritella angulata. Sow. 560
5, *a. b.* Natica epiglottina. Lamk. 559
6, *a. b.* Citherea nitidula. Lamk. 546
7, ... Tornatella simulata. Brander 558
8, ... Citherea rustica. Desh. 546

Tab. II.

Fig. 1, *a. b.* Rostellaria Sowerbyi. Sow. 557
2, *a. b.* Delphinula indeterm. 558
3, ... Plerocera bicarinata. d'Orbigny 568
4, ... Isocardia nov. sp.? 545
5, ... Pleurotoma prisca. Desh. 554
6, *a. b.* Rostellaria fissurella Lamk. 556
7, ... Turritella subangulata. Brocc. 559
8, *a. b.* Bulla punctata nov. sp. 558
9, *a. b.* Buccinum turanense. nov. sp. 567

Tab. III.

Fig. 1, ... Rostellaria macroptera. Lamk. 555
2, ... Fusus crassicostatus. Desh. 551
3, *a. b.* Cardium semigranulatum. Sow. 544
4, ... Ostrea virgata. Goldf. 543

Tab. IV.

Fig. 1, *a. b.* Voluta ambigua. Soland. 549
2, ... Voluta suspensa. Soland. 549
3, *a. b.* Voluta depauperata. Sow. 548
4, *a. b.* Fusus bulbiformis. Lamk. 550
5, ... Fusus bulbiformis. Lamk. 550
6, *a. b.* Triton indet. 553
7, *a. b.* Pleurotoma macilenta. Soland. 553

Tab. V.

Pag.
Fig. 1, *a. b.* Ostrea cymbula. Lamk. 542
2, *a. b.* Ostrea ventilabrum. Goldf. 543
3, *a. b.* Cardium aralense nov. sp. 544

Tab. VI.

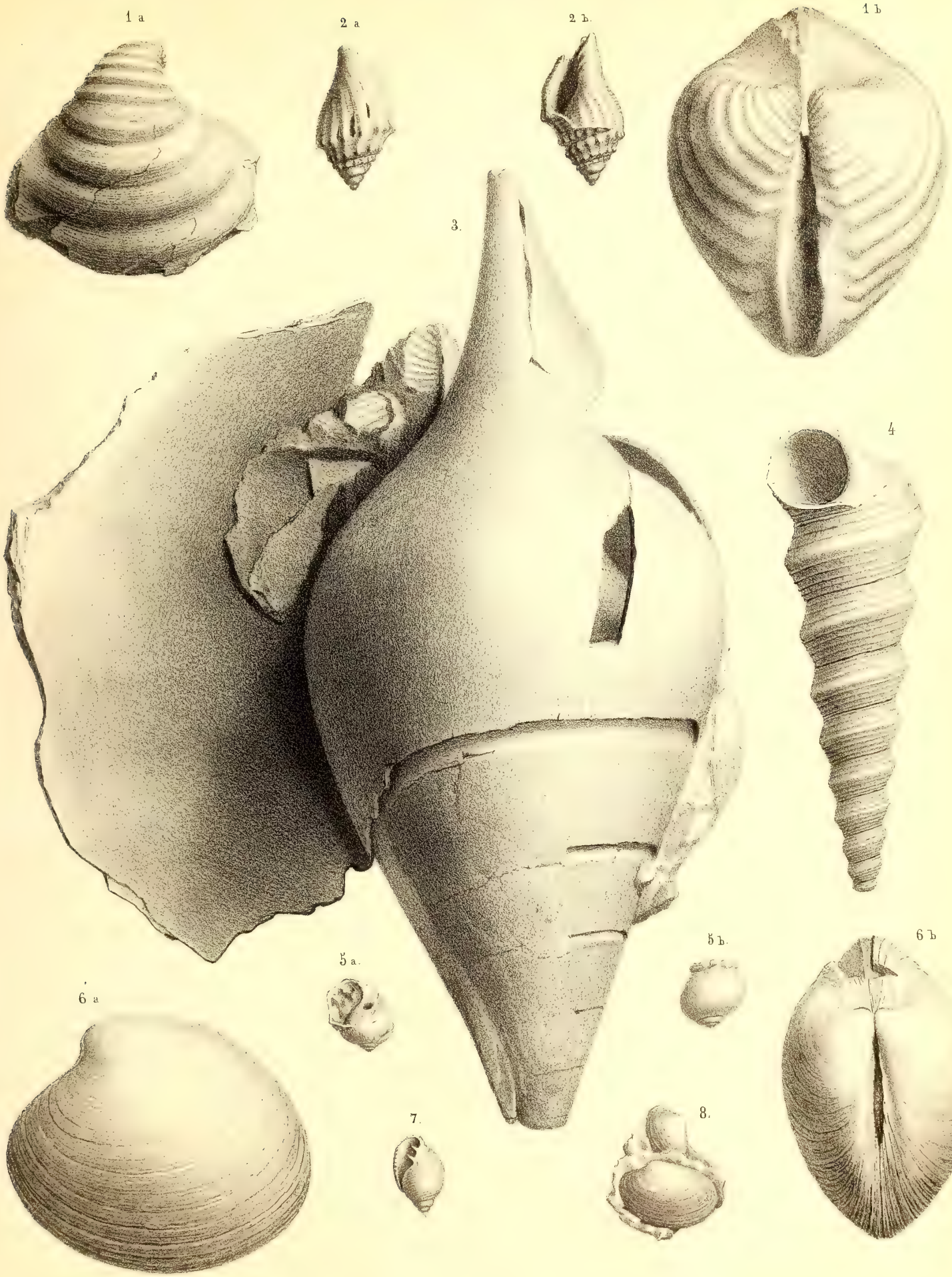
Fig. 1. ... Fusus conjunctus Desh. 550
2, *a. b.* Lamna elegans. Agass. 564
3. ... Lamna elegans 564
4, ... Melania fragilis. Lamk 561

Tab. VII.

Fig. 1, ... Corylus insignis. Heer. 569
2, ... Taxodium dubium. Heer. 569
3, ... Corylus insignis. Heer. 569
4, ... Zizyphus tiliae-folius. Heer 570
5, ... Dryandra Ungeri. Ettingh. 570
6, ... Zizyphus tiliae-folius. Heer. 570
7, ... Quercus Nimrodi. Unger. 571
8, ... Quercus Drymeja. Unger 561
9, ... Carpinus grandis. Heer 571

Tab. VIII.

Fig. 1, ... Dryandra Ungeri. Ettingh. 570
2, ... Fagus Antipofii. Heer. 571
3, ... Sequoja Langsdorfii. Heer. 572
4, ... Sequoja Langsdorfii Heer. 572
5, ... Carpinus grandis Heer 571



Imp. V. D'Harlingue. Lithogr. v. Heuque

Gezeich. u. d. Natur von C. Broennер. Lithos. P. Jean

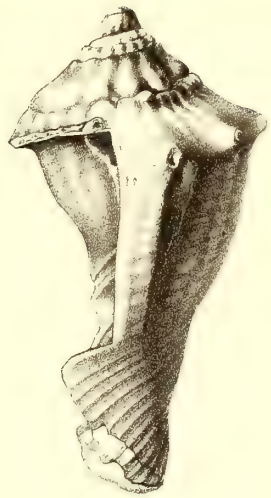
Gezeich. a. d. Natur von C. Brückner

1. a.

1 b.

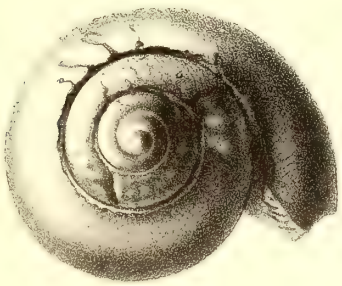
2.

3. a.



4 a.

4. b



5.

3 b.

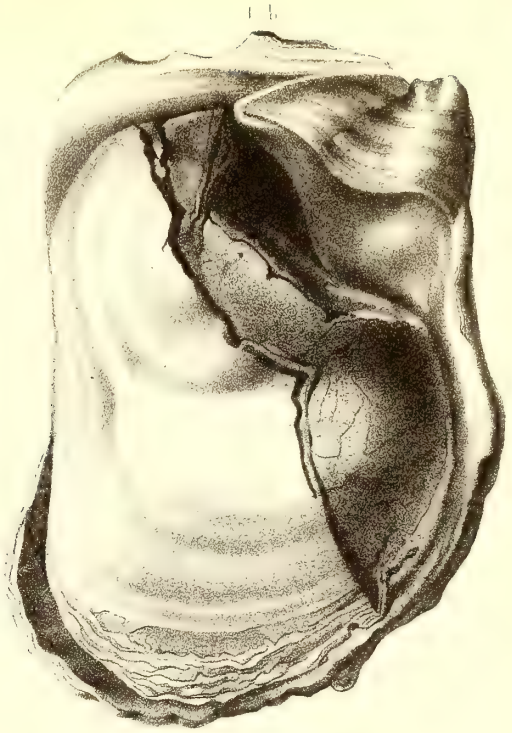
6. a.

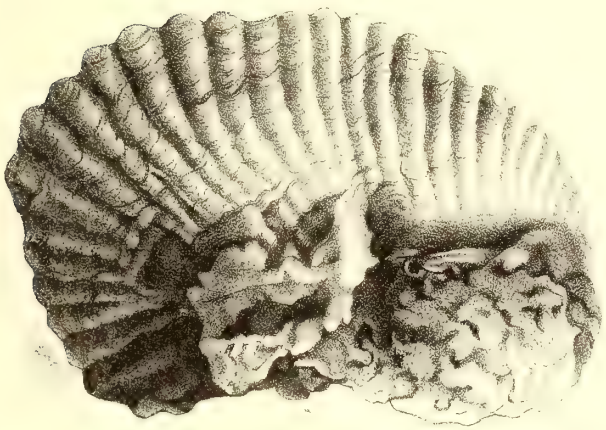
6. b.

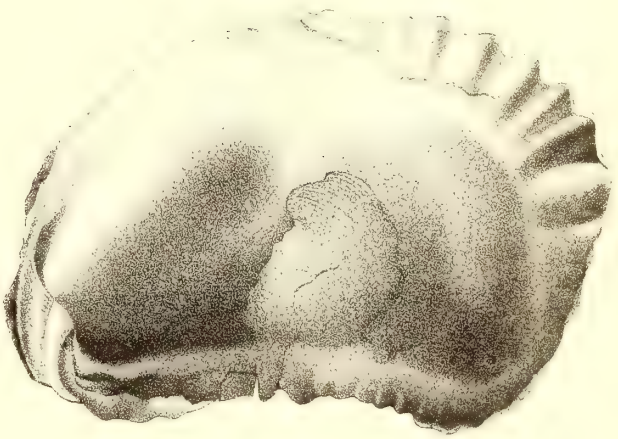
7. a.

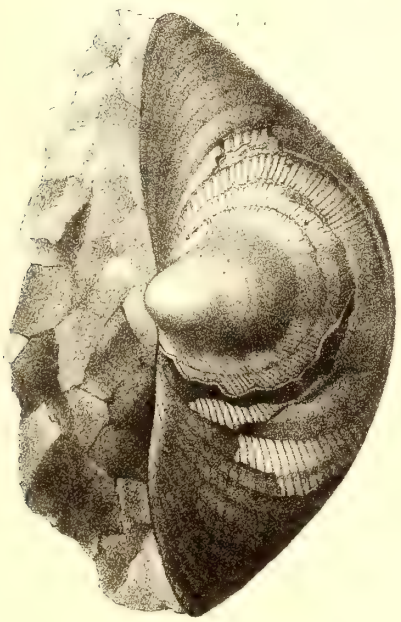
7. b

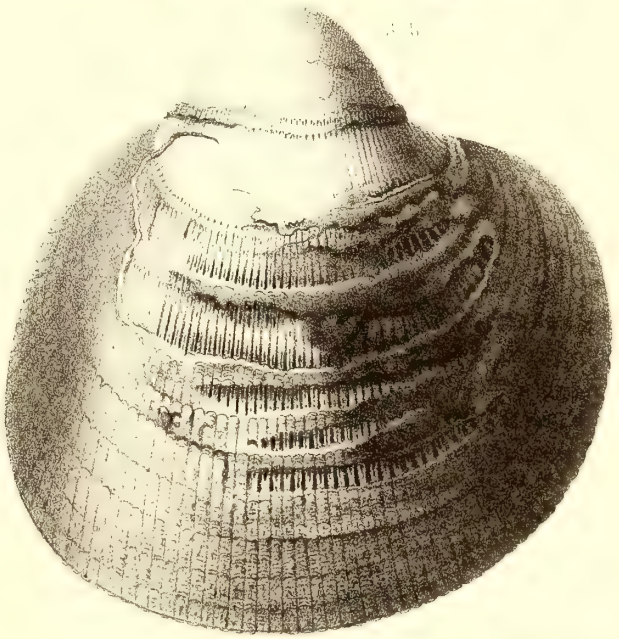
Lith. Anst. von C. Reubke Berlin

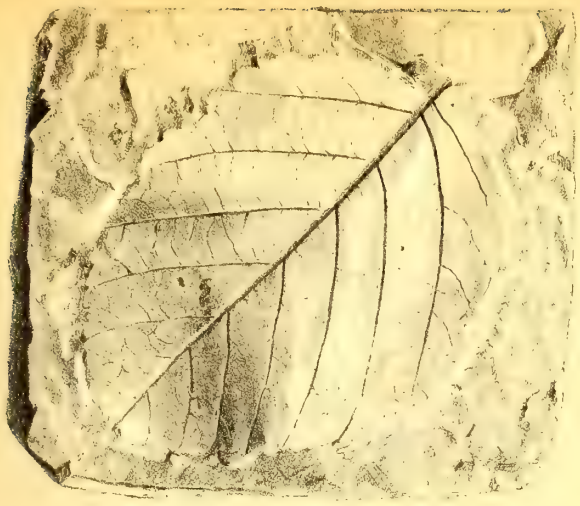


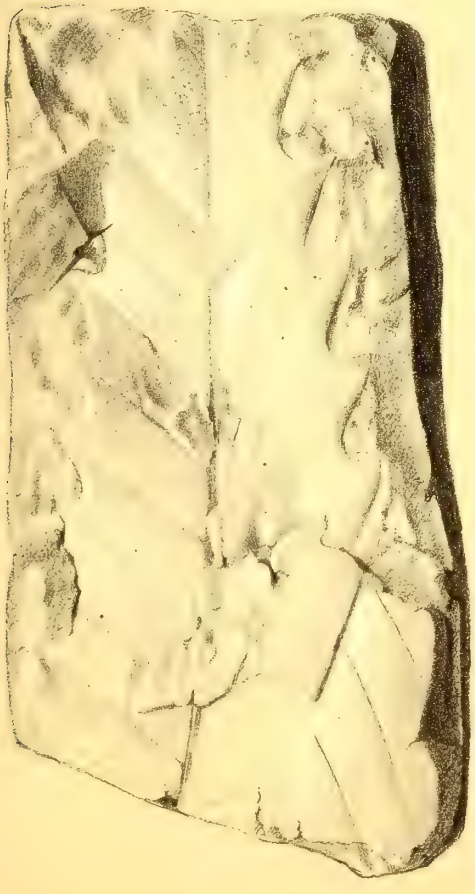












PLANTAS ABICHIANAS

IN ITINERIBUS PER

CAUCASUM REGIONESQUE TRANSCAUCASICAS COLLECTAS,

ENUMERAVIT

A. BUNGE.

1. *Clematis Vitalba.* L., im Ingurthal in Mingrelien.
2. » *Viticella.* L., zwischen Anaklea und Redout-Kalé, zwischen Poti und Nikolajewsk, offene freie Waldstellen.
3. *Anemone alpina.* L., Didiwakis-mthawi im trialethischen Gebirge.
4. *Anemone narcissiflora*, L., Radscha im Rionthale, Koblianthal, Somlia-Höhe auf dem Persath-Plateau.
5. *Ranunculus acutilobus.* Ledeb.? Caldera des Alagez. Specimina valde incompleta perpauca huc spectare videntur.
6. *Caltha palustris.* L., Caldera des Alagez. Frustulum.
7. *Trollius patulus.* Salisb., auf dem Wege von Askani nach Somlia, Somlia-Höhe, Gipfel des Didiwakis-mthawi.
8. *Helleborus orientalis.* L., Wald im Zupsathal unter Rhododendrongebüschen sehr häufig.
9. *Aquilegia vulgaris.* L. β.. *caucasica.* Led., Tschudy-Lauri. Videtur species genuina, sed specimina incompleta.
10. *Delphinium Ajacis.* L. Abhang des Persath.
11. » *divaricatum.* Led., Basar-Tschaithal in Kara-Bagh.
12. » *hybridum.* Willd. var. α. Alagez, Daly-Tschaithal.
13. » *dasycarpum.* Stev. Schach-Dagh. Specimina valde incompleta.
14. » *speciosum.* M. B, c. praecedente. » » »
15. » *ciliatum.* Stev., Daralagez; auf dem Wege von den Terterquellen nach dem Dorfe Baschtubel.
16. *Aconitum Anthora.* L., Daralagez, Thal Agdjanis.
17. » *Lycoctonum.* L., Schach-Dagh im Kaukasus.
18. » *orientale.* Mill., Rionthal, Daralagez, auf dem Wege vom Terterthal nach Baschtubel. Südabhang des Daly-Dagh.
19. » *paniculatum.* Lam., Abastumanthal, Peschrettathal, auf dem Wege von den Terterquellen nach Baschtubel im Daralagez südöstlich vom Goktschai.

20. *Paeonia triternata.* Pall? Koblianthal vor Tschudy-Lauri. Specimen valde incompletum. Folia subtus glabra! an nov sp.?
21. *Berberis vulgaris.* L., zwischen dem grossen und kleinen Ararat.
22. » *crataegina.* D. C., auf dem Wege von Anaklea nach Redout-Kalé.
23. *Corydalis Emanueli.* C. A. M.? Rionthal. Specimen valde incompletum.
24. *Barbarea vulgaris.* R. Br., Koblianthal.
25. *Turritis glabra.* L., Umgebung von Sardarbulach am Ararat.
26. *Arabis flaviflora.* Bge., nov. sp.

A. (*Alomatium*), pube ramosa canescens, tunc demum viridis; foliis radicalibus petiolatis obovatis paucidentatis, caulinis basi cordato-auriculatis amplexicaulibus oblongis spathulatisve integerrimis vel saepius dentatis, pedicellis calycem hispidulum vix aequantibus, petalorum unguibus sepala multo superantibus, laminis obovatis (flavis), siliquis erecto-patulis compressis glabris, seminibus apice brevissime alatis.

Habitus omnino Arabidis alpinae vel thyrsoideae, sed flores multo majores flavi, ab *A.* albida differt floribus paulo minoribus; ab omnibus generis speciebus mihi notis recedit floribus flavis; an *Arabis viscosa.* D. C.? Fundort ungewiss.

27. *Cardamine pratensis.* L., Koblianthal vor Tschudy-Lauri.
28. » *impatiens.* L., zwischen Askani und Somlia. Achalzik-imereth. Gränzgebirge.
29. *Berteroa incana.* D. C., Iuruk-Steppe.
30. *Alyssum murale.* Waldst. et Kit., Salzberg bei Nachitschewan.
31. *Draba bruniaefolia.* Stev., Caldera des Alagez.
32. » *globifera.* Led., grosser Ararat, oberhalb des Tschatkegels, nahe der Schneelinie.
33. » *tridentata.* D. C., unterhalb Didiwakis-mthawi.
34. *Hesperis matronalis.* L. var., Daly-Tschaithal, Alagez, Schach-Dagh, Koblianthal.
35. *Erysimum leptostylum.* D. C., Westseite des Alagez, Thal von Talyn.
36. » *gelidum.* Bge., nov. sp.

» (*? Agonolobus*), humile, adscendens, subglabrum, foliis oblongis omnibus in petiolum attenuatis supra glabris subtus pilis paucissimis bipartitis adspersis, sepalis glabris pedicello plus duplo longioribus petalorum ungue brevioribus, petalorum lamina obovata, siliquis pube bi- (rarissime tri-) partita canescentibus, stylo latitudinem siliquae superante, stigmate capitato!

Aus der Caldera des Alagez in bedeutender Höhe.

Sub anthesi vix tripollicare. Folia caulina inferiora longe petiolata, lamina brevi obovata integerrima. Flores magni flavi. Pedicelli 2‴ longi, Sepala 3,5‴ longa. Petala 7‴ longa, ungue nempe 4‴ et q. exc., lamina 2‴ et q. exc. longis. Stylus linea parum longior: stigma emarginatum.

37. *Lepidium vesicarium.* L., Südwestseite des Alagez im Thale von Talyn.
38. » *propinquum.* F. et M., Schuttterrain im Argurithal.

39. *Isatis sp.*, Pars superior caulis vix deflorescens, fructu nondum evoluto vix rite determinanda. Daly-Tschaithal, Alagez.
40. *Reseda lutea.* L., Persathabhang.
41. *Helianthemum vulgare.* Gärtn., Persathabhang. Prov. Achalzik.
42. *Viola orthoceras.* Led., Koblianthal. V. cornutae nimis affinis.
43. » *altaica.* Pall., unterhalb Didiwakis-mthawi.
44. *Polygala comosa.* Schkuhr, auf Kalkboden bei Balta, zwischen Lars und Wladikawkas.
45. » *major.* Jacq., Koblianthal im Kreise von Achalzik.
46. » *vulgaris.* L., obere Thalstufe des Koblianthales, Tschudy-Lauri, Didiwakis-mthawi.
47. *Saponaria officinalis.* L., Koblianthal am steinigen Ufer, unterhalb Keschuan.
48. *Vaccaria vulgaris.* Host. Goktschai-Umgebung.
49. *Gypsophila paniculata.* L., Umgebung v. Sardarbulach; zwisch. dem kl. u. grossen Ararat, var. floribus paulo majoribus, bracteis ciliatis. Schutt-Terrain im Argurithale.
50. » *Struthium.* L.? Kleiner Ararat. Specimen nimis incompletum.
51. » *muralis.* L., sine loci indic.
52. *Silene compacta.* Fisch., mittlerer Persathabhang. Achalzik.
53. » *fimbriata.* Sims., Rionthal, Daralagez.
54. » *inflata.* Sm., Birkengehölz am kleinen Ararat.
55. » *viscosa.* Pers., Umgebung von Sardarbulach. Grosser Ararat.
56. » *vallesia.* L. β. *caucasica*, c. praecedente.
57. » *bupleuroides.* L.? Alagez, Daly-Tschai. Specimen incompletum.
58. » *saxatilis.* Sims., Oberes Persathplateau, Pass zwischen den Thälern Tschrili und Ghaghui auf dem achalzik-imerethinischen Gränzgebirge.
59. *Dianthus Armeria.* L.? Ingurthal.
60. » *atrorubens.* All., kleiner Ararat, Umgebung von Sardarbulach, zwischen grossem und kleinem Ararat, Daly-Tschaithal, Alagez.
61. » *campestris.* M. B., var. petalis profundius incisis subfimbriatis. Grosser Ararat.
62. » *Liboschitzianus.* Ser., Araxesebene, grosser und kleiner Ararat, Sardarbulach.
63. » *caucasicus.* Sims., Daralagez, Thal Agdjakis.
64. » *crinitus.* Sm., minor. Araxesebene, major. Grosser Ararat.
65. » *fragrans.* Adam, Schach-Dagh.
66. » *integerrimus.* Bge., nov. sp.

    D.? (*Caryophyllum*) caulibus adscendentibus ramosis: ramis unifloris, foliis breviter vaginantibus lineari-lanceolatis patulis planis serrulatis, squamis senis obovatis rotundatis cum mucrone illis longiore calycis tubum subaequante, petalorum laminis obovatis integerrimis. Tzkheniz-Tsqalthal.
67. » *sp.*, Specimen unicum incompletum a caeteris distinctum haud rite determinandum. Karassuquellen des Daly-Tschai im Innern des Alagez.
68. *Arenaria graminea.* C. A. M., zwischen dem grossen und kleinen Ararat. Sardarbulach.

69. *Alsine pinifolia.* Fenzl, Baumgränze auf der imerethinischen Seite.
70. *Cerastium dauricum.* Fisch., Somliahöhe. Achalzik-Imereth. Gränzgebirge.
71. » *latifolium.* L. var. β? Petala basi parcissime ciliolata. Ararat.
72. *Linum hirsutum.* L., oben auf dem Persathplateau, Abhang des Bagrasag-Dagh. Pass zwischen den Thälern Tschrili und Ghaghui. Rionthal.
73. » *marginatum.* Poir., Goktschai.
74. *Althaea ficifolia.* Cav., Juruksteppe, Goktschai-Umgebung.
75. *Lavatera biennis.* M. B., auf dem Wege zum Persath hinauf, Koblianthal, Alagez, Daly-Tschaithal.
76. *Tilia intermedia.* D. C. β., caucasica. Choni und Martwili in Imerethien.
67. *Androsaemum officinale.* All., Gipfel des Didiwakis-mthawi. Trialethi-Gebirge.
78. *Hypericum perfoliatum.* Led., Tzkheniz-Tsqalthal.
79. » *hirsutum.* L., Rionthal.
80. » *perforatum.* L., Ingurthal, felsige Abhänge über d. Flusse; Alagez. Daly-Tschaithal.
81. » *ramosissimum.* Led., γ. *multiflorum*, sed sepala acuta. Ingurthal, Zupsathal, sehr häufig.
82. » *armenum.* Jaub. et Spach., höhere Abhänge des Ararat.
83. » *hyssopifolium.* Vill., oberer Abhang des Ararat, rechts von Arguri.
84. *Acer Pseudo-Platanus.* L., Baumgränze. Im Süden des achalzik-imereth. Gränzgebirges.
85. *Geranium ibericum.* Cav., Weg von Ala-Göll nach den Quellen im Terterthal, Daralagez, Thal Agdjakis.
86. » *platypetalum.* F. et M., Persathplateau.
87. » *silvaticum.* L. var., unterhalb Didiwakis-mthawi. Persathplateau im Kreise von Achalzik.
88. » *psilostemon.* Led., Abhang des Persathplateau.
89. » *pratense.* L., Schach-Dagh. Alagez, Daly-Tschaithal, Daralagez, Südabhang des Daly-Dagh, zwischen Nachitschewan und Ordubad.
90. » *collinum.* Steph., Somliahöhe auf dem achalzik-imereth. Gränzgebirge.
91. » *pallens.* M. B., Abastumanthal.
92. » *Robertianum.* L., Urtagebirge bei Sugdidi, in Mingrelien.
93. *Impatiens noli-tangere.* L., Rionthal, Tzkheniz-Tsqalthal. Peschrettathal.
94. *Tribulus terrestris.* L., grosser Ararat.
95. *Zygophyllum Fabago.* L., Araxesebene.
96. *Staphylea colchica.* Stev., zwischen Redout-Kalé und Poti, jenseits der Nabeda bis zum Rion hin.
97. *Euonymus europaeus.* L., Abastumanthal.
98. » *latifolius.* Scop., unterer Persathabhang.
99. *Ilex Aquifolium.* L., Tannenwälder von Namur-Dagh nach Keschuan, von Askani nach Somlia, im achalzik-imereth. Gränzgebirge.

100. *Rhamnus Pallasii.* F. et M., auf Doleritlava der N. und NW.-Seite des Ararat, in der unteren Region.
101. » *Frangula.* L., Zupsathal, Koblianthal.
102. *Rhus coriaria.* L., W. und SW.-Seite des Felsens von Lichauris-Ziké.
103. *Medicago sativa.* L., Umgebung von Sardarbulach.
104. *Melilotus spec.* Specimina tria e variis locis incompleta haud rite definienda. Schach-Dagh, Persathabhang, Tzkheniz-Tsqalthal.
105. *Trifolium trichocephalum.* M. B., grosser Ararat, Sardarbulach.
106. » *alpestre.* L., Trümmerterrain im Argurithal.
107. » *medium.* L., Zupsathal, Nord-Seite des achalzik-imereth. Gränzgebirges.
108. » *montanum.* L., grosser Ararat.
109. *Dorycnium latifolium.* W. Zupsathal.
110. *Lotus corniculatus.* L. γ. *hirsutissimus.* Led., Trümmerterrain im Argurithal, und zwischen dem kleinen und grossen Ararat.
111. » *strictus.* F. et M., Umgebung der Natronseen, südlich vom kleinen Ararat.
112. *Psoralea palaestina.* Gouan., zwischen Kutais und Sugdidi auf Wiesen häufig.
113. *Oxytropis albana.* Stev. var., grosser Ararat, nahe der Schneelinie, oberhalb des Tschatkegels unter dem grossen Südgletscher.
114. *Astragalus oxytropoides.* Bge., n. sp.

A. (*Hypoglottideus*) acaulis; stipulis a petiolo liberis oppositifoliis connatis imbricatis membranaceis sericeo-villosis, foliis petiolatis sericeo-villosis sub 15-jugis; foliolis oblongo-lanceolatis acutis, scapo foliis subduplo longiore solitario erecto pube erecto-patula sericeo-villosulo pilis nigris superne intermixtis, capitulo subgloboso, bracteis subherbaceis calycis tubum subaequantibus lanceolatis extus nigro-alboque-villosis, calycis albo nigroque sericeo-villosi tubo dentibus nigricantibus rectis subduplo longiore, vexillo oblongo sursum arcuato calycem plus duplo alas retusas carina longiores triente excedente, ovario sessili sericeo-villoso (octoovulato?) Caldera des Alagez.

Habitus Oxytropeos montanae; sed carina haud mucronata. Capitulum fere A. dasyglottidis. Affinis A. bicolori, oxytropifolio, aliisque speciebus orientalibus hujus sectionis, sed ab omnibus abunde distinctus. Scapus 3 — 5 pollicaris. Capitulum $^3/_4$ pollicare. Calyx $3'''$ longus. Vexillum $7'''$. Alae $4^1/_2'''$. Carina vix $4'''$ longa.

115. » (*dissitiflorus?*) nov. sp.? Schuttterrain im Argurithal. Evidenter nova species, sed haud rite stabilienda. Desunt enim folia et caulis pars inferior; decerpti tantum racemi deflorati. Videtur A. podolobo Boiss. affinis. Racemus valde elongatus, legumina longe lanato villosissima pendula.
116. » *onobrychioides.* M. B., Thalgehänge des Kur bei Tiflis.
117. » *galegiformis.* L., unterer Persathabhang.

118. *Astragalus. macrocephalus.* W., NW. Abhang des Ararat in gleicher Höhe mit Arguri.
119. » *Lagurus.* W., Nordseite des Ararat, Trümmerterrain von Arguri.
120. *Coronilla iberica.* M. B., Höhe unterhalb Didiwakis-mthawi.
121. » » M. B.? β. *trichocalycina.* Unterer Persathabhang bei Achalzik. Pedicellis calycibusque pilis patulis sat densis obsitis, foliis cauleque densius pubescentibus.
122. » *varia.* L., zwischen Redout-Kalé und Poti, Kutais und Sugdidi, mittlerer Persathabhang. Südostabhang des Alagez.
123. *Hedysarum caucasicum.* M. B., Caldera des Alagez. Differt ab affinibus praesertim foliis supra tenuissime nigro-punctatis, subtus distinctius nigro-reticulatis.
124. *Onobrychis sativa.* Lam., Abhang des Persathplateau.
125. » *gracilis.* Bess., Nordabhang des grossen Ararat.
126. *Alhagi Camelorum.* Fisch., Hochthal des Araxes, Umgebung der Natronseen südlich vom kleinen Ararat.
127. *Lathyrus rotundifolius.* W., Koblianthal.
128. » *roseus.* Stev., mittlerer Persathabhang.
129. *Orobus cyaneus.* Stev., Alagez, Daly-Tschaithal.
130. *Armeniaca vulgaris.* Pers., am Grabe Arguris.
131. *Prunus avium.* L.? Somlia-Höhe.
132. » *Laurocerasus.* L., Somliahöhe, Pjureskihöhe, auf dem Wege von Askani nach Somlia.
133. *Spiraea Aruncus.* L., Pjureskihöhe auf dem Wege von Askani nach Somlia.
134. » *Ulmaria.* L., Rionthal in Radscha.
135. » *Filipendula.* L., Salzboden bei Nachitschewan.
136. » *crenata.* L., Baumgränze auf dem Alagez.
137. *Rubus sanctus.* Schreb., auf dem Wege von Redout-Kalé nach Poti.
138. *Potentilla elatior.* Schlechtd., Tzkheniz-Tsqalthal, (an sui generis planta?)
139. » *subpalmata.* Led., Persathplateau, Caldera des Alagez, grosser Ararat.
140. » *recta.* L., Daly-Tschaithal des Alagez.
141. » *umbrosa.* Stev., ebendaselbst.
142. *Alchemilla vulgaris.* L., var. maxima Boiss. Abastumanthal.
143. » *pubescens.* M. B., Höhe unterhalb Didiwakis-mthawi.
144. » *sericea.* W., Caldera des Alagez.
145. *Rosa pimpinellifolia.* D. C., Tannenwälder des Tschoban-Köpri im Koblianthal.
146. *Crataegus tanacetifolia.* Pers., beim Dorfe Keschuan im oberen Koblianthal, mittlerer und unterer Persathabhang.
147. » *monogyna.* Jacq.? Tannenwälder zwischen dem Namur-Dagh und Keschuan.
148. *Pyrus Aria.* L., Abhänge des Tschoban-Köpri nach Keschuan hinunter.
149. » *Aucuparia.* L., an der Baumgränze auf der imerethinischen Seite.

150. *Epilobium angustifolium.* L., oberer Persathabhang, kleiner Ararat, Argurithal.
151. » *hirsutum.* L., Umgebung der Karassuquellen von Daly-Tschai.
152. » *crassifolium.* Lehm., Rionthal zwischen Ghebi und dem Gletscher.
153. » *sericeum.* Bernh., feuchte Stellen in den Khara-Baghschen Hochthälern.
154. » *origanifolium.* Lam., Caldera des Alagez.
155. *Oenothera biennis.* L., am Meeresufer zwischen Redout-Kalé und Poti, am Rion etc. bis zum Zupsathal.
156. *Lythrum Salicaria.* L., Goktschai, Rionthal, Kara-Bagh-Gebirgsthäler, unterhalb Didiwakis-mthawi.
157. » *virgatum.* L., Araxesebene.
158. *Tamarix Meyeri.* Bge., sine loci indicatione c. pluribus aliis nonnullisque Halophytis.
159. » *brachystachys.* Bge., cum praecedente.
160. *Myricaria herbacea.* Desv., Rionthal zwischen Ghebi und dem Gletscher.
161. *Philadelphus coronarius.* L., Burgfelsen von Altun-Kalé, Persathabhang.
162. *Sedum Telephium.* L. var., zwischen dem grossen und kleinen Ararat.
163. » *stoloniferum.* Gmel. jun., Ingurthal,
164. » *pallidum.* M. B., oberer Abhang des Persath.
165. » *obtusifolium.* C. A. M.?? SW.-Abhang des Ararat in der Höhe des Takjaltu auf feuchtem Wiesengrunde. Specimen unicum incompletum, inflorescentiae ramis patentibus corymboso-paniculatis floribus minutis distinctissimum.
166. *Sempervivum montanum.* L., grosser Ararat, Caldera des Alagez.
167. *Ribes petraeum.* Wulf., obere Thalstufe des Koblian.
168. *Saxifraga rotundifolia.* L., Tzkheniz-Tsqalthal, Didiwakis-mthawi.
169. » *orientalis.* Jacq., zwischen Askani und Somlia.
170. » *sibirica.* L., Caldera des Alagez, grosser Ararat.
171. » *muscoides.* Wulf,, nahe der Schneelinie auf dem grossen Ararat.
172. » *exarata.* Vill., Caldera des Alagez.
173. *Astrantia helleborifolia.* Salisb., Daralagez, Ala-Göll, vulkanisches Hochgebiet, Kobliantal unterhalb der Mosché; Persathplateau, S.-Abhang des Daly-Dagh, Alagez, Daly-Tschaithal, Abhang des Schlackenkegels des Agmangan.
174. *Eryngium maritimum.* L., Strandfläche zwischen der Mündung des Zupsa u. Nikolajewsk.
175. » *dichotomum.* Desf., Goktschai, Karassu-Quellen von Daly-Tschai.
176. *Pimpinella magna.* L.? Daly-Tschaithal, Spec. incompletum.
177. *Bupleurum foliatum.* L., Birkengehölz auf dem kleinen Ararat.
178. *Seseli spec. nov.?* (*Sect. II. Hippomarathroides*), grosser Ararat. Specimen valde incompletum, sine foliis, et abunde ab omnibus notis distinctum. An *S. cuneifolium* M. B.? cujus specimina comparare non licuit.
179. *Pastinaca graveolens.* M. B.? vix florens sine foliis., zwischen Tschrili und Ghaghui.

180.
181. *Heraclei sp. tres.?* haud determinandae ob defectum vel foliorum vel fructuum.
182.

183. *Daucus Carota.* L., Juruk-Steppe.
184. *Chaerophyllum millefolium.* Dec., Baumgränze auf der imerithinischen Seite.
185. » *humile.* Stev., specim. nimis juvenile, Koblianthal, Tschudy-Lauri.
186. *Cornus australis.* C. A. M., Tzkheniz-Tsqalthal.
187. *Sambucus Ebulus.* L., Kara-Baghs Gebirgsthäler.
188. *Viburnum Lantana.* L., Baumregion des Alagez.
189. » *orientale.* Pall., auf dem Wege von Askani nach Somlia.
190. *Lonicera caucasica.* Pall., Baumgränze auf der imerethinischen Seite; Tannenwaldungen des Tschoban-Köpri oberhalb Keschuan.
191. *Asperula humifusa.* Bess., im Argurithal auf dem Trümmerterrain, Jurukssteppe.
192. *Galium Mollugo.* L., Pass zwischen Tschrili und Gaghui.
193. » *lucidum.* All., Alagez, Daly-Tschaithal.
194. » *rubioides.* L., sine loco.
195. » *verum.* L., fr. glabro, Tzkheniz-Tsqalthal; fr. pubescenti-hispido, Argurithal, Sardarbulach, grosser und kleiner Ararat. NW.-Seite des Ararat.
196. *Galium Cruciata.* Scop., obere Höhe unter Didiwakis-mthawi.
197. *Crucianella molluginoides.* M. B., auf dem Persathplateau, nondum florens.
198. *Centranthus longiflorus.* Stev., auf steilen Felsenflächen zwischen Pehero und Abastuman.
199. *Valeriana alliariaefolia* Vahl., Mazurowarathal, Peschretta, Daly-Tschaithal, Alagez, Tzkheniz-Tsqalthal, West-Seite des Alagez.
200. » *montana.* L., Tannenwaldungen an den Abhängen des Tschoban-Köpri.
201. » *Phu.* L.? Koblianthal? sine fol. fruct. pubesc.
202. *Cephalaria tatarica.* Schrad., zwischen Pehero und Abastuman, Schach-Dagh, Alagez, Daly-Tschai im Alagez, Ossetien, Peschrettathal, Weg von der Terterquelle nach Baschtubel.
203. » *procera.* F. und Lall., Birkengehölz auf dem kleinen Ararat.
204. *Knautia montana.* D. C., Tannenwald des Namur-Dagh nach Keschuan. Vulkanisches Hochgebiet des Daralagez, Ala-Göll, Alagez, Daly-Tschai.
205. *Scabiosa caucasica.* M. B., Umgebung des Goktschaisees. Karassuquellen von Daly-Tschai, Thal Agdjakis im Daralagez, Südabhang des Daly-Dagh.
206. » *ucranica.* L., grosser Ararat.
207. » *Columbaria.* L., zwischen Zupsa und Nikolajewsk in Gurien.
208. » *ochroleuca.* L., zwischen Jekaterinograd und Nikolajewsk. Jurukssteppe.
209. *Eupatorium cannabinum.* L., Kara-Baghs Gebirgsthäler.
210. *Petasites vulgaris.* L., zwischen Zupsa und Nikolajewsk.
211. *Aster alpinus.* L., sine loci indicatione.

212. *Aster Amellus.* L. α., Kara-Bagh, Daralagez, S. Abhang des Daly-Dagh.
213. » *Amellus.* L. γ., Nordwestseite des Ararat; an spec. distincta?
214. *Diplopappus caucasicus.* D. C., Rionthal.
215. *Erigeron uniflorus.* L. (Led.), Nordwestseite des Ararat.
216. » *pulchellus.* D. C., (Led.), Caldera des Alagez.
217. » » D. C. *variet.*, grosser Ararat.
218. » *acer* L. β. *podolicus*, grosser Ararat, Sardarbulach, kleiner Ararat, Daralagez, Thal Agdjakis.
219. *Solidago Virga aurea.* L., Umgebung von Sardarbulach.
220. *Inula glandulosa.* W., von den Terterquellen nach Baschtubel.
221. » *grandiflora.* W., Somliahöhe.
222. » *campestris.* Bess., Daly-Tschaithal.
223. *Teleckia speciosa.* Baumg., Tzkheniz-Tsqalthal, Rionthal, Ufer des Natanebi.
224. *Anthemis Marschalliana.* W., Tschudy-Lauri.
225. » *rigescens.* W., zwischen Redout-Kalé und Poti, Schach-Dagh, Alagez. Differt a forma vulgari paleis abrupte acuminatis, subspathulatis, pappo multo evidentiore subauriculato; paleae a receptaculo haud facile solvuntur, ut in illa.
226. » *iberica.* M. B., Ararat. Differt statura humiliore, foliis dense cano-tomentosis; paleae subtridentatae sphacelatae.
227. *Ptarmica biserrata.* D. C., Persathabhang; Urtagebirge bei Sugdidi in Mingrelien.
228. *Achillea Szovitsii.* F. et M., var. fol. angustioribus; Koblianthal, Tschudy-Lauri.
229. » *micrantha.* M. B., Schuttterrain im Argurithal am grossen Ararat.
230. *Pyrethrum caucasicum.* W.. Ararat in der Nähe des Gletschers, Caldera des Alagez.
231. » *macrophyllum.* W., Tzkheniz-Tsqalthal.
232. » *poteriifolium.* Led.? Daralagez, Thal Agdjakis. 20. Aug. flor. incipiens, var. glabrata, caule pubescente quidem, foliis vero involucrisque glabris.
233. » *myriophyllum.* C. A. M., Sardarbulach zwischen dem grossen und kleinen Ararat, Caldera des Alagez.
234. » *niveum.* Lag., Schach-Dagh.
235. » *parthenifolium.* W., Zupsathal.
236. *Artemisia lanata.* W. Led., Daly-Tschaithal, Alagez.
237. » *splendens.* W.? Caulis pars inferior tantum; unterhalb Didiwakis-mthawi.
238. » *Absinthium.* L., Trümmerterrain im Argurithal, Daly-Tschaithal, Alagez.
239. » *vulgaris* L., Daralagez, Südabhang des Daly-Dagh.
240. » *austriaca* Jacq., Steppe bei Matuschina.
241. » » » δ. *orientalis.* Sardarbulach.
242. » *maritima.* L. var., nördlicher Salzsee bei Tiflis, zwischen dem Sanga- und Abarranfluss gegen Astarak hin; Argurithal.
243. » *fragrans.* W., niedere Anhöhen des Daralagez.

*

244. *Artemisia scoparia* Kit., Argurithal, Trümmerterrain.
245. » *inodora* M. B., Argurithal, Trümmerterrain, var. glabra et sericea.
246. *Tanacetum vulgare.* L., Abhang des Schlackenkegels des Agmangan.
247. *Helichrysum glandulosum.* Led., (an lavandulaefolium Dec.?) Salzboden bei Nachitschevan.
248. » *arenarium.* D. C., Steppe bei Tiflis.
249. » *armenium.* D. C.? nondum florens. Argurithal, Ararat.
250. » *undulatum.* Led.? Argurithal. Rami ramosi; involucri squamae primum purpureae, tunc pallide stramineae; caeterum diagnosi congruum.
251. » *orientale.* Tourn.? Sardarbulach. Parum a planta diversum quam Ephesi legit cl. Boissier, foliis angustioribus magis acuminatis. Folia superiora apiculo elongato scarioso, nec tamen subulato piliformi; ut in illo, terminata. Proximum H. plicato D. C. sed defectu glandularum et tomento denso statim dignoscendum.
252. *Filago montana.* L., auf Gebirgsschutt zwischen Kasbek und Kobi.
253. *Doronicum oblongifolium.* D. C., Caldera des Alagez.
254. *Ligularia sibirica.* Cass., Schach-Dagh.
255. *Senecio vernalis.* Kit., zwischen Kobi und Kazbek auf Gebirgsschutt.
256. » *rapistroides.* D. C., kl. Ararat, Birkengehölz, Argurithal, Alagez, Daly-Tschaithal.
257. » *platyphyllo* D. C. *affinis.* Specimen valde mancum, superior tantum caulis pars; ligulae multo numerosiores, etiam involucri squamae; capitula in corymbo pauca, majora, calyculata; calyculi bracteolae dimidio involucro longiores. Koblianthal.
258. *Echinops horridus.* Desf., Daralagez.
259. *Xeranthemum radiatum.* Lam., bedeckt die Laven und Tuffformation zwischen Sanga und Abarran, auch am gr. Ararat.
260. *Centaurea glastifolia.* L., Alagez, Daly-Tschaithal, Goktschai.
261. » *macrocephala.* Muss. P., sine loci indicatione.
262. » *austriaca.* W., Daralagez, Agdjakis; bei Tiflis.
263. » *pulcherrima.* W., zwischen dem grossen und kleinen Ararat.
264. » *dealbata.* W., bei Tiflis; Persathabhang, zwischen dem Alagez und den Terter-Quellen.
265. » *montana.* L., Bagrasag-Dagh, zwischen Terter und Baschtubel, Didiwakismthawi; Persathplateau.
266. *Carduus crispus.* L., Persathplateau.
267. *Cirsium obvallatum.* M. B., vom hohen Agmangan im des Süden Goktschai.
268. » *uliginosum.* M. B.? Rionthal zwischen Ghebi und dem Gletscher.
269. » *simplex.* C. A. M., Tzkheniz-Tsqalthal.
270. *Serratula coriacea.* F. et M., Mergelgebiet am Salzberge bei Nachitschewan.
271. « *radiata.* M. B., Alagez, Daly-Tschaithal.
272. *Oligochaeta divaricata.* D. C., Doleritboden am unteren Abhange des Alagez. Omnes flores papposi, pappus multisetus, setis exterioribus pluribus brevioribus scabris, interiori-

bus longioribus paucioribus laevissimis. Stylus neutiquam indivisus, rami styli breves paralleli, sub ramis stylus incrassatus hispido-barbatus. Filamenta valde papillosa. Antherae elongatae, basi membranaceo-lacero-appendiculatae.

273. *Lampsana grandiflora.* M. B., Pass zwischen Tschrili und Gaghui.
274. *Geropogon glaber.* L., Schach-Dagh.
275. *Tragopogon brevirostris.* D. C., S. W. Seite der Kalkhöhen von Schach-Dagh.
276. *Podospermum canum.* C. A. M., Kipp-Gölls Alpenflächen auf der Nord-Westseite d. Ararat.
277. *Scorzonera latifolia.* D. C. sine loci indicatione.
278. *Pieris hieracioides.* L., Jurukssteppe.
279. *Crepis tectorum.* L., sandige Steppe bei Matuschina.
280. *Pterotheca bifida.* C. A. M., Doleritboden am unteren Abhange des Alagez.
281. *Hieracium Pilosella.* L., Alagez, Daly-Tschaithal; frustulum.
282. » *Nestleri.* Vill.? Alagez, Daly-Tschaithal; pars caulis superior, incompl.
283. » *umbellatum.* L., Sardarbulach, Agdjakis; paululum recedens fol. latioribus.
284. *Mulgedium grande.* C. Koch, Weg von den Terter-Quellen nach Baschtubel. Caulis pars superior tantum collecta. Valde affine M. hispido; sed caulis apice tantum hispidus magis glandulosus; achenia breviora, latiora, aequabilia nec inequilatera, laeviora, immatura nigricantia, tunc brunnea nec fuscescenti-grisea.
285. *Mulgedium albanum.* D. C.. Daly-Tschaithal, Alagez.
286. *Campanula Biebersteiniana.* R. et Sch., Didiwakis-mthawi.
287. » *Saxifraga.* M. B., Caldera des Alagez.
288. » *Aucheri.* A. D. C.? Ararat. Ab affinibus C. Adami, Biebersteiniana, Saxifraga et ciliata, quae, excepta ultima, forsan melius conjungerentur in unam speciem, differt non solum caule densius pubescente, fere incano, sed etiam corollis extus dense pubescentibus, quae in illis plerumque glaberrimae.
289. » *lamiifolia.* M. B., Persathplateau und Abhang, Tzkheniz-Tsqalthal, Davidsberg bei Tiflis.
290. » *glomerata.* L., Persathplateau, Weg von den Terter-Quellen nach Baschtubel, zwischen dem grossen u. kleinen Ararat, Alagez, Daly-Tschaithal, Daralagez, Abhang des Bagrasag-Dagh, Sardarbulach, Schach-Dagh.
291. » *latifolia.* L. c. var. β macrantha et γ eriocarpa. Abastumanthal, Tzkheniz-Tsqalthal, Rionthal.
292. » *rapunculoides.* L., Daralagez, S. Abhang des Daly-Dagh, Goktschai bei den Karassuquellen von Daly-Tasch, Daly-Tschaithal, Arguri.
293. » *Steveni.* M. B., var.! Nordwestseite des Ararat. Forsan species distincta, sed caulis unicus, deficiente basi, tantummodo decerptus; folia pauciora, minus acutata; calycis tubus obpyramidatus, pilis setiformibus retrorsis hispidus.
294. » *Rapunculus.* L. var.? specimen incompletum, foliis caulinis latioribus, crebrioribus, floribus solito paulo majoribus.

295. *Campanula lactiflora.* M. B., Getreidefelder von Gudan im Ingurthal, Rionthal, Mazkowarathal.
296. *Phyteuma campanuloides.* M. B., Kalkhöhen des Schach-Dagh; ? Ararat, inflorescentia tantum, deficiente parte caulis inferiore, dubium igitur.
297. » *limoniifolium.* Sibth., Kara-Baghs Gebirgsthäler.
298. » *spec. forsan nova.*, Daly-Tschaithal, Alagez, specimen valde incompletum.
299. *Vaccinium Arctostaphylos.* L., oberhalb und in den Tannenwaldungen des Tschoban-Köpri, oberhalb Keschuan; Pjurnebi-Rücken; auf dem Wege nach Somlia.
300. » *Myrtillus.* L., Somlia-Höhe.
301. *Azalea pontica.* L., Somlia-Höhe.
302. *Rhododendron ponticum.* L., auf dem Wege von Askani nach Somlia.
303. » *caucasicum.* Pall., dicht unter dem Rande des Persathplateau, Didiwakis-mthawi.
304. *Pyrola rotundifolia.* L., Tzkheniz-Tsqalthal; unterer Persathabhang.
305. *Primula elatior.* Jacq., oberstes Persathplateau, Pass zwischen Tschrili und Gaghui.
306. » *auriculata.* Lam., zwischen Askani und Somlia, Somliahöhe, Didiwakis-mthawi.
207. *Androsace intermedia.* Led., Didiwakis-mthawi.
308. *Lysimachia verticillata.* M. B., zwischen Osurgheti und Lichauri, Redut-Kalé und Anaklea, Poti und Nikolajewsk nicht häufig.
309. » *punctatae affinis.* Tskheniz-Tsqalthal. Specimen unicum, foliis basi attenuatis, longius petiolatis tenerioribus, pedunculis semper simplicibus gracilibus elongatis, calycis laciniis linearibus multo longioribus, corollaque majore, filamentis minus dense glandulosis ab antecedente distinctissima; magis L. *punctatam* appropinquat, sed et ab hoc abunde diversa videtur. Nolui tamen ex unico specimine, insuper manco, condere novam speciem.
310. *Olea europaea.* L., aus dem Garten von Herrn Marr, in Gurien.
311. *Ligustrum vulgare.* L., zwischen Pehero und Abastuman.
312. *Apocynum venetum.* L., Natronseen im Süden des kleinen Ararat.
313. *Erythraea Centaurium.* Pers. Am Meere von der Mündung des Ingur bis zum Zupsa und Nikolajewsk.
314. *Gentiana caucasica.* M. B., Gebirgsschutt zwischen Kobi und Kazbek, Rionthal, Persath zwischen dem grossen und kleinen Ararat, Sardarbulach.
315. » *verna L.* β *alata.* Gr., Ararat.
316. » *pyrenaica.* L., Höhe unterhalb Didiwakis-mthawi.
517. » *asclepiadea.* L., Mazkowarathal.
318. » *septemfida.* Pall., Schach-Dagh, Daralagez, Agdjakis; vom Terterthal nach Baschtubel, Goktschai, Karassuquellen von Daly-Tasch, N.-W.-seite des Ararat.
319. *Convolvulus persicus.* L., sine fl. et sine loci indicatione.
320. *Calystegia silvestris.* R. et Sch., Persathplateau.

321. *Tournefortia Arguzia.* R. et Sch., sine loco.
322. *Heliotropium europaeum.* L., kleiner Ararat.
323. *Cerinthe minor.* L., Unterer Persathabhang.
324. *Echium rubrum.* Jacq., Persathabhang.
325. *Nonnea alpestris.* G. Don, Schach-Dagh.
326. » *picta.* F. et M., sine loco.
327. » *intermedia.* Led., Didiwakis-mthawi.
328. *Symphytum asperrimum.* Sims., Daralagez, zwischen Alagez und Karagatsch, Koblianthal, Tschudy-Lauri, Schach-Dagh, Goktschai, Karassuquellen von Daly-Tasch, unterer Persath-Abhang.
329. *Aichusa italica.* Retz., bei der Moschè, im obern Koblianthal bei Sarsma etc. häufig.
330. *Onosma stellulatum.* W. et Kit., oberes Koblianthal bei dem Kloster Sarsma.
331. » *hebebulbum.* D. C.,? kleiner Ararat, specimen incompletum.
332. » *setosum.* Led., frustulum sine loci indicatione.
333. *Arnebia echioides.* D. C., oberer Persathabhang; unter Didiwakis-mthawi, Schach-Dagh, Naumur-Dagh, häufig jenseits der Waldregion, bis in dieselbe hinabsteigend in freien Thälern.
334. *Myosotis caespitosa.* Schultz, grosser Ararat, Caldera des Alagez; zwischen Tschrili und Gaghui, Naumurdag, am Ende des Koblianthales.
335. » *sylvatica* Hoffm. β *alpestris*, Caldera des Alagez, Ararat.
336. *Rindera eriantha.* Led., zwischen dem kleinen und grossen Ararat.
337. *Solanum persicum.* W., auf dem Wege von Redout-Kalé bis zum Rion.
338. *Atropa Belladonna.* L., Rionthal in Imerethien.
339. *Lycium ruthenicum.* Murr., sine loco.
340. *Verbascum phlomoides.* L., Trümmerterrain im Argurithal.
341. » *gnaphalodes.* M. B., an der Mündung des Ingur, Anaklea gegenüber; specimina hujus, sicuti antecedentis et insequentis valde incompleta, igitur dubia.
342. » *speciosum.* Schrad. Trümmerterrain im Argurithal.
343. » *nigrum.* L., Wladikawkas.
344. *Linaria vulgaris.* Bauh., Caldera des Alagez.
345. » *dalmatica.* Mill., Daly-Tschaithal, Alagez.
346. *Veronica Anagallis.* L., Goktschai, Karassuquellen von Daly-Tasch.
347. » *orientalis.* Mill.? Ararat, Mergelgebiet des Salzberges bei Nachitschewan; specimina incompleta; calyces constanter 4 partiti; capsula V. orientalis.
348. » *gentianoides.* Vahl., Somlia-Höhe (forma elatior vulgaris); Caldera des Alagez (fragmentum racemi); Alpenwiesen an der Schneelinie oberhalb des Tschatkegels auf dem grossen Ararat (specimina humilia, paucifolia, fol. omnibus oppositis integerrimis).
349. *Euphrasia officinalis.* L., zwischen dem grossen und kleinen Ararat, Sardarbulach.

350. *Rhynchocorys orientalis.* L., Abhang des Persathplateau, Alagez, Daly-Tschaithal? Koblianthal (nondum florens.) S. Abhang des Daly-Dagh, Daralagez.

351. *Pedicularis araratica.* Bge. n. sp. P. (Verticillatae, brevirostres.) perennis, caulibus simplicibus, foliis caulinis nullis vel 2, 3, 4 oppositis verticillatisve pinnatisectis; segmentis lineari-oblongis inciso-serratis, floribus opposite vel verticillato-capitatis, bracteis obovatis incisis, calyce tubuloso quinquedentato; dentibus parce denticulatis, tubo corollae exserto, galea semicirculari in rostrum brevissimum emarginatum acutato labium subaequante, laciniis labii lateralibus late reniformibus media duplo majoribus, filamentis glaberrimis, capsula...? Ararat.

Habitus *P. caucasicae;* corolla omnino fere *P. myriophyllae;* a *P. subrostrata* cui proxima differt galea superne semicirculari, distinctius rostrata, et labii inferioris forma.

352. *Pedicularis armena.* Bge., nov. sp. P. (Verticillatae brevirostres.) perennis, caulibus simplicibus, foliis ternatim quaternatimve verticillatis oppositisve pinnatisectis; segmentis abbreviatis inciso-dentatis, florum verticillis breviter capitatis, bracteis obovatis apice incisis inaequaliter dentatis basi integerrimis, calyce tubuloso quinquefido; laciniis tubo multo brevioribus oblongo-lanceolatis denticulatis, corollae tubo exserto incurvo, galea dorso convexa sensim in rostrum obtusum porrectum acuminata, labii inferioris laciniis lateralibus late obovatis obtusis media obovato-orbiculari multo majoribus, filamentis glaberrimis, capsula...? Caldera des Alagez.

Valde affinis *P. crassirostri*, et quasi inter hanc et *P. araraticam* intermedia, tamen sine dubitatione ab utraque distinctissima, ab illa rostro sensim attenuato, breviore graciliore, galea ante rostrum latiore, calyce tubuloso nec campanulato minus profunde fisso; simulque tota planta gracilior, humilior, flores in capitulum confertum congesti; a *P. araratica* differt rostro et labio inferiore. A. P. subrostrata longius distat. Inter omnes Pediculares galeae formâ potissimum *P. atrorubenti* appropinquat.

353. *Pedicularis condensata.* M. B., Koblianthal, Pass zwischen Tschrili und Gaghui.

354. *Melampyrum arvense.* L., Koblianthal.

355. » *caucasicum.* Bge. n. sp. M. Spica aequali laxiuscula, foliis floralibus oblongo-ovatis basi pectinato-incisis parte superiore oblonga brevissime acutata denticulatis, calycis glabriusculi dentibus tubum suum aequantibus corollae tubo multo brevioribus. Am oberen Abhang des Persath. Proximum M. barbato, attamen forma bractearum abunde et primo intuitu diversum.

556. *Orobanche pruinosa.* Lapeyr. Sardarbulach am grossen Ararat.

357. *Mentha sylvestris.* L., Goktschai, Karassu-Quellen von Daly-Tasch; Schach-Dagh.

358. *Lycopus exaltatus.* L. fil? Rionthal; nondum florens.

359. *Origanum vulgare.* L. var., Kara-Bagh zwischen dem Ala-Göll nnd den heissen Quellen im Terterthal, Alagez, Daly-Tschaithal, zwischen Osurgheti und Lichouri.

360. *Thymus montanus.* Kit. var. villosa, Argurithal, Trümmerterrain.

361. » *acicularis.* Kit., aus der Steppe.

362. *Thymus nummularius.* M. B., zwischen dem grossen und kleinen Ararat.
363. *Satureja mutica.* F. et M., Rionthal, Ufer des Koblian unter Keschuan an Felswänden.
364. *Salvia glutinosa.* L., Rionthal zwischen Ghebi und dem Gletscher.
365. » *viridis.* L., Schach-Dagh. S.-W.-Seite der Kalkhöhen.
366. » *Sclarea.* L., Kobhanthal, dem Kloster Sarsma gegenüber.
367. » *Sibthorpii.* Sm.? Plateau bei Tiflis auf Lehmboden.
368. » *sylvestris.* L., Daly-Tschai, Alagez, Arguri, Sardarbulach, mittlerer Persathabhang.
369. » *verticillata.* L., Schach-Dagh, Persathabhang, Karassuquellen von Daly-Tasch.
370. *Ziziphora clinopodioides.* L., zwischen dem grossen und kleinen Ararat bei Sardarbulach.
371. *Nepeta supina.* Stev., Caldera des Alagez.
372. » *nuda.* L., mittlerer Persathabhang, var. albiflora, Alagez, Daly-Tschaithal.
373. » *racemosa.* Lam., kleiner Ararat.
374. *Scutellaria orientalis.* L., Nordwestseite des Ararat.
375. « *altissima.* L., Ingurthal.
376. *Betonica orientalis.* L., Daralagez Agdjakisthal, Alagez, Daly-Tschaithal.
377. » *grandiflora.* Steph., Bagrasag-Dagh, zwischen Terter und Baschtubel, Schach-Dagh, Somlia, Didiwakis-mthawi.
378. *Stachys germanica.* L. var.? Auf dem Wege von Ala-Göll nach den Terterquellen.
379. » *pubescens.* Ten., Daly-Tschaithal. (incompl. inter St. rectam et maritimam media.)
380. *Leonurus Cardiaca.* L., Daralagez, Südabhang des Daly-Dagh.
381. *Eremostachys laciniata.* Bge., sine loci indicatione.
382. *Teucrium orientale.* L., Argurithal, Alagez, Daly-Tschaithal.
383. « *hyrcanicum.* L., Zwischen St. Nicolai und Osurgethi am Ufer des Natanebi.
384. « *Chamaedrys.* L., auf den Mauern der alten Festung Poti; Kara-Bagh.
385. » *Polium.* L., zwei Werst hinter Duschet von Tiflis aus.
386. *Ajuga orientalis.* L., oberer Persathabhang.
387. » *Chamaepitys.* L., Plateau bei Tiflis, Lehmboden.
388. *Statice Gmelini.* W., Araxesebene.
389. » *spicata.* W., sine loci indicatione.
390. *Acantholimon glumaceum.* Boiss. N.-Seite des Ararat.; Arguri, zwischen dem grossen und kleinen Ararat.
391. *Plantago arenaria.* Kit., Kirgisensteppe unweit Staromorjewskaja.
392. *Phytolacca decandra.* L., Ebene bei Schuschuti, auf dem Wege von Redut-Kalé nach Anaklea, Poti und Nikolajew.
393. *Blitum virgatum.* L., Zwischen dem kleinen und grossen Ararat.
394. *Atriplex laciniata.* L., um die Kurdenhürden auf den untern Wiesenabhängen des Ararat.
395. *Spinacia tetrandra.* Stev., frustulum sine loci indicatione.
396. *Eurotia ceratoides.* L., Nachitschewan.
397. *Salicornia herbacea.* L., Ufer des nördlichsten Salzsees bei Tiflis, (Asche unter N. IV.)

398. *Suaeda altissima.* Pall. Gori.
399. » *dendroides.* Moq. Nachitschewan.
400. *Suaeda microphylla.* Pall., nondum florens, sine schedula.
401. *Belowia baccifera.* Moq.? lapso jam fructu am Glaubersalz-See bei Tiflis. (Asche N. II.)
402. *Seidlitzia florida* (*Anabasis*). M. B., Kaghysman; = Salsola pulla C. Koch!, Salsola rosacea C. Koch.! et Halimocnemis brachiata C. Koch!
403. *Salsola glauca.* M. B., Ostseite des Alagez.
404. » *verrucosa.* L., Schirwan; = S. vermiculata C. Koch!
405. » *spissa.* L., Araxesebene.
406. » *Kali.* L., Tiflis.
407. *Noaea tomentosa.* Moq.? am Salzberg bei Nachitschewan. = S. cana C. Koch!. Haec verosimilius ipsissima N. tomentosa Moq., serius cum Salsola aurantiaca ut videtur a Moquinio confusa.
408. *Halanthium kulpianum.* (Halimocnemis) C. Koch. Kulpi.
409. » *Abichii.* (Halocharis) C. Koch. Kulpi.
410. » *lanatum m.* Araxesebene. Halocharis pycnantha C. Koch! Linnaea XXIV. p. 91, non Halimocnemis pycnantha C. Koch. Linnaea XXII. pag. 193., quae Halanthii kulpiani varietas.
411. *Halimocnemis brachiata.* C. A. M., nördlicher Salzsee bei Tiflis. (Asche N. I.)
412. *Anabasis brachiata.* F. et M.? sine flore et fructu et sine loci indicatione. Caeteras Chenopodiaceas, a C. Koch in Linnaea XXIV. 90—92 enumeratas, inter plantas Abichianas non vidi.
413. *Oxyria reniformis.* Hook., sine loci indicatione.
414. *Rumex crispus.* L., Umgebung von Sardarbulach zwischen dem grossen u. kleinen Ararat.
415. » *Acetosella.* L., γ.multifidus Koch. Trümmerterrain im Argurithal.
416. *Atraphaxis spinosa.* L., sine loco.
417. *Polygonum Bistorta.* L., obere Höhe unter Didiwakis-mthawi.
418. » *polymorphum.* Led., δ. *undulatum.* Led., S.-O.-Abhang des Ararat in Alpenhöhe.
419. *Daphne glomerata.* Lam., oben auf dem Persathplateau gegen S.-W.
420. » » « *var.?* foliis obovato-oblongis latioribus; Abhang des Tschoban-Köpri, zwischen Anaklea und Redout-Kalé.
421. » *pontica.* L., Didiwakis-mthawi, Somlia.
422. » *oleoides.* L. var., oberste Region der Strauchvegetation. ?
423. *Laurus nobilis.* L., aus dem Garten von H. Marr.
424. *Hippophaë rhamnoides.* L., Häufig zwischen Anaklea und Redout-Kalé.
425. *Aristolochia Clematitis.* L., am Seestrande zwischen Redout-Kalé und Poti und weiter.
426. *Euphorbia procera.* M. B., Argurithal, Trümmerterrain.
427. » *Gerardiana.* Jacq., Argurithal; sandige Steppe bei Matuschkina.
428. » *Marschalliana.* Boiss., am Fuss des Alagez unweit Sardarabad, Araxesebene.

429. *Quercus pubescens.* W., in den Kara-Baghschen Bergen.
430. *Quercus macranthera.* F. et M.? Baum- und Strauchregion des Alagez. Specimen incompletum sine flore et fructu.
431. *Salix triandra.* L., Thal des Rion.
432. » *nigricans.* Fries.? Abastumanthal.
433. » *alba.* L., zwischen Kutais und Sugdidi.
434. » *caprea.* L., an der Baumgränze auf der imerethischen Seite; zwischen Terterthal und Baschtubel.
435. *Populus alba.* L., Rionthal.
436. » *tremula.* L., Pass zwischen den Thälern Tschrili und Gaghui.
437. *Ulmus campestris.* L.? Tiefthäler des Kara-Bagh. Sine flore et fructu.
438. *Datisca cannabina.* L., Sine loco.
439. *Pinus orientalis.* L., aus dem Zupsathal.
440. » *silvestris.* L., Abhänge des Tschoban-Köpri nach Keschuan. Ramulus sterilis.
441. *Cupressus sempervirens.* L., Garten von H. Marr, bei Tschachatkuri.
442. *Juniperus communis.* L., oberer Persathabhang.
443. *Orchis affinis.* C. Koch, O. maculatae var.? Didiwakis-mthawi.
444. » *mascula.* L., Koblianthal.
445. » *laxiflora.* Lam., Koblianthal.
446. » *sphaerica.* M. B., Persathplateau.
447. *Anacamptis pyramidalis.* Rich., Persathabhang.
448. *Gymnadenia conopsea.* R. Br., zwischen Somlia und Didiwakis-mthawi; zwischen Pehero und Abastuman.
449. *Platanthera bifolia.* Rchb., bei Sugdidi häufig bis jenseits des Ingur.
450. *Crocus speciosus.* M. B., Alpenhöhen auf dem Gebirge im Megri-Kreise.
451. *Fritillaria latifolia.* W., Somlia und Didiwakis-mthawi.
452. *Lilium Szowitsianum.* F. et Lall., Tannenwaldungen des Tschoban-Köpri oberhalb Keschuan und im oberen Abastumanthal.
453. » *ponticum.* C. Koch? Somliahöhe. Cum pessima descriptione bene congruit, et abunde a L. Szovitsiano distinctum videtur: foliis crebrioribus densioribus, multo brevioribus, intensius viridibus, crassioribus, minus acuminatis, pube ad nervos distinctiores brevissima, floribus multo minoribus et s. p.
454. *Scilla cernua.* Red., Abhang des Didiwakis-mthawi.
455. *Ornithogalum arcuatum.* Stev., SO.-Abhang und westliche Thälern des Alagez.
456. *Allium Schoenoprasum.* L., Caldera des Alagez, oberer Persathabhang; grosser Ararat.
457. » *caucasicum.* M. B.? zwischen dem kleinen und grossen Ararat. Forsan distinctum, sed deficiente bulbo vix rite determinandum.
458. *Eremurus caucasicus.* Stev., sine loco.

459. *Hemerocallis fulva.* L., offene Waldstelle von der Nabeda bis zum Rion, zwischen Anaklea und Redout-Kalé.
460. *Colchicum laetum.* Stev.? Sine loco. Flos incompletus parte tubi ablata.
461. *Veratrum album.* L., Rionthal. Persathplateau.
462. *Juncus alpigenus.* C. Koch, Tzkheniz-Tsqalthal.
463. » *acutus.* L., zwischen Anaklea und Redout-Kalé.
464. *Cyperus longus.* L., auf den Mauern von Poti.
465. *Hordeum murinum.* L., Sardarbulach.
466. *Secale anatolicum.* Boiss., Argurithal. Trümmerterrain.
467. *Triticum prostratum.* L., Sardarbulach.
468. *Brachypodium distachyon.* R. Sch., Sardarbulach.
469. *Aeluropus laevis.* Trin., auf der Araxesebene unweit der Jüs-Gün-Dagh-Kette.
470. *Phragmites isiacus.* Kth., an den Natronseen südlich vom Ararat.
471. *Polypogon monspeliensis.* Derf., auf der linken Thalseite Arguri gegenüber an den Quellen im Schutt-Terrain. Specimina valde macra.
472. *Asplenium Trichomanes.* L., Kalkfelsen im Ingurthal.

Zusätze.

Zu pag. 474. Einem Briefe von E. de Verneuil vom 11. April 1852 zu Folge, welcher Bemerkungen über einige kaukasische Fossilien enthält, die von mir nach Paris geschickt worden waren, ist das Vorkommen eines anderen Ammoniten des *Oxfordterrain* im Inneren von Daghestan als gewiss zu betrachten, der wahrscheinlich einer neuen Art angehört. In Bezug auf diesen *Ammonit* der mir als *A. Calypso* des *Néocomien* fraglich schien, sagt: E. de Verneuil — *La belle Ammonite du Daghestan que vouz m'avez envoyée ressemble beaucoup à l'A. Calypso du Néocomien; je crois pourtant, que c'est l'A. Hommairii du terrain oxfordien. Mr. Deshayes la prend pour une espèce nouvelle.* — Da Herr Deshayes dieselbe Bemerkung über den *Ammoniten* von Korta in Radscha pag. 463 macht, so ist es sehr wahrscheinlich, dass es sich hier um eine und dieselbe, sowohl auf der nordöstlichen, wie auf der südwestlichen Kaukasus-Seite vorkommende Art aus dem Jura handelt.

Zu pag. 514. Durch meine, nicht in Voraussicht gestandene Abreise nach dem Kaukasus verhindert, die ausführliche vergleichende Beschreibung der von Capitain Spratt gesammelten Tertiärfossilien wie ich gewünscht hatte, rasch abzuschliessen, glaube ich zur Ergänzung des auf pag. 514 über den miocänen Kalkstein von Baljik Angeführten vorläufig noch bemerken zu müssen, dass in demselben, von bekannten, sowohl bei Stavropol und Temnolesk wie auf Taman und Kertsch in tieferen Schichten gefundenen Fossilien, zugleich mit den *Mactren* die folgenden Arten vorkommen — *Venus ponderosa* d'Orbigny. — *V. dissita* Eichw. — *Trochus podolicus affin.* — *Buccinum Jaquemontii* d'Orbigny. — *B. Verneuili* d'Orbigny.

Zu pag. 518. Die Angabe, dass auf der Hochebene von Lori ein Muschelconglomerat mit *Congeria Diluvii* und *Cardium Catillus* der aralokaspischen Bildung vorkömmt, beruht nicht auf meiner eigenen Beobachtung, sondern auf einer, durch mir übergebene Handstücke verbürgten Mittheilung eines mir bekannten Beobachters. Die Wichtigkeit der Sache verlangt noch eine örtliche Bestätigung dieses Vorkommens durch mich selbst, und muss so lange als problematisch betrachtet werden.

Verbesserungen.

Pag. 451. Zeile 11 von Oben, anstatt: von Jurabildungen überlagert, ist zu lesen: von Jurabildungen zusammengesetzt.

Pag. 473. Zeile 11 von Unten: «auf den Schichtungsflächen» ist zu streichen.

Pag. 514. Zeile 4 von Oben: Die Venusart, welche in den Mactrakalken der Steppe vorkömmt, ist nicht die *Venus gregaria* Partschii, sondern die *Venus ponderosa* d'Orbigny.

Pag. 514. Zeile 15 muss es heissen, «welche zum Theil eine vollständige Uebereinstimmung mit den Arten zeigen.»

Pag. 522. Zeile 8 von Unten anstatt: bis zur Mächtigkeit von 500 bis 600 Fuss, ist zu lesen: 500 bis 600 Euss über dem Flussbett.

Druckfehler.

Pag.	3	Zeile	1	von	Oben	anstatt:	In Kaukasus	lies Im Kaukasus.
	5	»	5	»	Unten	»	dislociren	» dislocirten.
	13	»	15	»	Oben	»	79.70	» 79,70 geogr. M.
	14	» 15 u.	23	»	Unten	»	dagestanisch	» daghestanisch.
	15	»	4	»	Oben	»	Dagestan	» Daghestan.
	21	»	13	»	»	»	meschischen	» meskischen
	24	»	16	»	»	»	zusammenfüllt	» zusammenfällt.
	28	»	1	»	»	»	befiindet	» befindet.
	30	»	3	»	»	»	Erhebungsrrichtungen	» Erhebungsrichtungen.
	30	»	9	»	»	»	annäherende	» annähernde.
	32	»	14	»	»	»	Khorasan	» Kohrassan.
	33	»	13	»	»	»	mediterranen	» mediterraneen.
	37	»	5	»	Unten	»	eingringend	» eindringend.
	38	»	6	»	»	»	Porphyrücken	» Porphyrrücken.
	38	»	8	»	»	»	Durchkreuznng	» Durchkreuzung.
	38	»	17	»	»	»	Trhebungsrichtungen	» Erhebungsrichtungen.
	43	»	12	»	»	»	europaeischrn	» europaeischen.
	46	»	1	»	Oben	»	für welche	» für welchen.
	48	»	1	»	Unten	»	Phänomeen	» Phänomene.
	56	»	16	»	Oben	»	wahrend	» während.
	57	»	4	»	»	»	gesteigerten	» gesteigerter.
	59	»	8	»	Unten	»	Trfahrungen	» Erfahrungen.
	61	»	6	»	Oben	»	its	» ist.
	61	»	11	»	»	»	Annährung	» Annäherung.
	61	»	14	»	Unten	»	vollendester	» vollendetsten.
	65	»	17	»	Oben	»	Systeme	» Systemen.
	65	»	18	»	»	»	gesehlossener	» geschlossener.
	75	»	7	»	»	»	befindete	» befindet.
	75	»	10	»	»	»	Innen	» Innern.
	77	»	4	»	Unten	»	obersteu	» obersten.
	77	»	6	»	»	»	*alaeiformis*	» *alaeformis.*
	77	»	8	»	»	»	von	» an.
	79	»	13	»	»	»	vaviirt	» variirt.
	79	»	19	»	»	»	Schalen	» Schaalen.
	83	»	4	»	Oben	»	Eburuz	» Elburuz.
	84	»	16	»	Unten	»	Gebirgs	» Gebirges.
	84	»	20	»	»	»	höcbsten	» höchsten.
	85	»	2	»	»	»	diesem	» diese im.
	87	»	12	»	Oben	»	Bichtung	» Richtung.
	87	»	10	»	Unten	»	Proffle	» Profile.
	89	»	18	»	»	»	allmählich	» allmähliche.
	95	»	11	»	Oben	»	Neccomien	» Néocomien.
	100	»	14	»	Unten	»	Bassm	» Bassin.
	104	»	15	»	»	»	Farbentönne	» Farbentönen.
	108	»	4	»	Oben	»	Frläuternng	» Erläuterung.
	111	»	14	»	Unten	»	*caniculata*	» *canaliculata.*
	112	»	20	»	Oben	»	deswegeu	» deswegen.
	115	»	3	»	Unten	»	die Wasserscheide	» diese Wasserscheide.
	126	»	7	»	»	»	wetchen	» welchen.
	133	»	10	»	Oben	»	1490	» 1940.
	153	»	4	»	Oben	»	westlichen	» östlichen.
	158	»	8	»	Unten	»	einschneiden	» einschneidende.
	158	»	16	»	Oben	»	Lawaströme	» Lavaströme.
	174	»	1	»	»	»	Auswüchen	» Auswüchsen.

INDEX

DE LA VI^{e} SÉRIE DES MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG,

RENFERMANT:

A. LA TABLE DES MATIÈRES.

B. LA LISTE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS.

I. Mémoires sur les sciences mathématiques et physiques.

(1831—1858.)

---

1. Mémoires de l'Académie, VI^{e} Série, Sciences mathématiques, physiques et naturelles. Tome I—II (1831—1833).

2. Mémoires de l'Académie, VI^{e} Série, Sciences mathématiques et physiques. Tome I—VII (1838—1858).

AVIS.

La VI^{e} Série des Mémoires de l'Académie Impériale forme les deux recueils suivants:

Sciences mathématiques, physiques et naturelles.

Sciences politiques, histoire et philologie.

Lorsque l'ancienne Académie (divisée, depuis 1841, en Classe physico-mathématique et en Classe historico-philologique), commença la publication de ces recueils, elle ne comptait dans son sein que deux naturalistes. Cette circonstance devait l'engager à réunir dans un même volume et les mémoires de mathématiques et de physique, et ceux d'histoire naturelle. C'est ainsi que les deux premiers volumes des Mémoires sur les sciences physico-mathématiques, de la VI^{e} Série, ont paru, en 1831 et 1833, sous le titre unique de **Mémoires de l'Acad. Imp. des sciences, VI^{e} Série, Sciences mathématiques, physiques et naturelles,** tout en renfermant des travaux de mathématiques et d'astronomie, de chimie et de physique, de botanique, de zoologie et d'anatomie. Plus tard, quand les sciences biologiques furent représentées dans l'Académie par un plus grand nombre de naturalistes, on crut devoir subdiviser les Mémoires sur les sciences physico-mathématiques en deux *Parties*, dont *la première* comprenait seulement des mémoires de mathématiques et d'astronomie, de chimie et de physique, *la seconde*, ceux sur les sciences naturelles ou biologiques. Mais en conservant, pour l'une et l'autre publication, le titre général: *Sciences mathématiques, physiques et naturelles*, et en y ajoutant pour *la première Partie* (Tome III—IX), le titre spécial:

Sciences mathématiques et physiques, Tome I—VII (1838—1858),

et pour *la seconde* (Tome III—X), le titre spécial:

Sciences naturelles, Tome I—VIII (1835 et années suivantes),

on en avait rendu les citations très compliquées. Néanmoins, on pourrait facilement éviter des mal-entendus, en ne citant les deux Parties des Mémoires sur les sciences physico-mathématiques que *d'après les titres spéciaux*, formant la *dernière* page du titre, par ex.:

Mémoires de l'Acad. des sc. Sciences mathém. et physiques, Tome I^{er} (1838).

Mémoires de l'Acad. des sc. Sciences naturelles, Tome I^{er} (1835).

L'usage de faire tirer de chaque mémoire des exemplaires à part n'étant généralement admis par l'Académie que depuis 1849, M. le directeur de l'Observatoire central de Poulkova a eu l'idée de réunir les mémoires d'astronomie dans un recueil séparé, portant pour titre:

Recueil de mémoires présentés à l'Académie des sciences par les astronomes de Poulkova, ou offerts à l'Observatoire central par d'autres astronomes du pays; publié avec l'autorisation de l'Académie, par W. Struve. Premier Volume, 1853.

Ce volume renferme les mémoires d'astronomie déjà imprimés dans le Tome V^{e} des Mémoires mathématiques et physiques et se vend séparément.

En outre on a encore publié séparément les

Mémoires présentés à l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg par divers savants, Tome I—IX (1831 et années suivantes).

Ce recueil porte aussi le titre, plus commode à citer:

Mémoires des savants étrangers (= Записки постороннихъ ученыхъ), **Tome I—IX,** St.-Pét. 1831 et années suivantes.

Pour simplifier ces complications et pour accélérer l'envoi des Mémoires aux sociétés savantes et aux universités du pays et de l'étranger, entretenant un échange de leurs publications contre celles de l'Académie Impériale, les Classes physico-mathématique et historico-philologique ont arrêté, au mois de décembre 1858, de supprimer les différents recueils ci-dessus cités et de publier désormais tous les mémoires qui leur seront présentés, tant par leurs membres que par des savants étrangers, sous ce titre unique:

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, VII^{e} Série, N° 1er et suiv.

Chaque mémoire sera mis en vente séparément chez MM. les commissionnaires de l'Académie, aussitôt que l'impression en sera achevée, et l'on annexera au dernier N° de chaque Tome un titre général et une Table des matières.

*

1. Mémoires de l'Académie, VIe Série, Sciences mathématiques, physiques et naturelles, Tome I—II.

(1831—1833.)

—

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques, physiques et naturelles, Tome I, 1831. VI et 698 pag. in-4°. (Avec 22 Planches et une Table.) Bulletin scientifique, LV pag. (Avec 2 Planches.) 6 roubl. 5 cop. arg. = 6 Thlr 22 Ngr.

MATHÉMATIQUES.

Théorèmes sur la différentiation des produits, dont les facteurs sont les termes consécutifs d'une série quelconque. Par Edouard **Collins.** (29 mars 1826.) p. 3—10.

Note sur une intégrale, qui se rencontre dans le calcul de l'attraction des sphéroïdes. Par M. **Ostrogradsky.** (2 juillet 1828.) p. 39—53.

Note sur la variation des constantes arbitraires dans les problèmes de mécanique. Par M. **Ostrogradsky.** (2 décembre 1829.) p. 109—115.

Note sur les intégrales définies. Par M. **Ostrogradsky.** (29 octobre 1828). p. 117—122.

Note sur la théorie de la chaleur. Par M. **Ostrogradsky.** (5 novembre 1828.) p. 129—138.

Deuxième note sur la théorie de la chaleur. Par M. **Ostrogradsky.** (8 juillet 1828.) p. 123—126.

Recherches numériques. Par M. **Bouniakowsky.** (1 avril 1829.) p. 139—152.

Recherches générales sur la transformation des fonctions par substitution. Par M. **Collins.** (4 octobre 1826.) p. 181—194.

Solution d'un problème de la théorie des fonctions analytiques. Par M. **Collins.** (7 mars 1827.) p. 345—352.

Sur l'intégration des équations à différences partielles, relatives aux petites vibrations d'un milieu élastique. Par M. **Ostrogradsky.** (10 juin 1829.) p. 455—461.

Sur les Maxima et les Minima des fonctions à deux variables. Par M. **Bouniakowsky.** (11 novembre 1829.) p. 463—468.

Du développement des fonctions en séries suivant les facultés numériques des variables. Par M. **Collins.** (5 mai 1830). p. 475—493.

Sur les congruences du second degré. Par M. **Bouniakowsky.** (24 novembre 1830.) p. 563—581.

Note sur la démonstration d'un théorème d'analyse. Par M. **Collins.** (12 janvier 1831.) p. 583—585.

ASTRONOMIE.

Calcul des oppositions de Jupiter et de Saturne, observées à St.-Pétersbourg en 1818. Par P. **Tarkhanoff.** (9 juillet 1823.) p. 95—108.

Longitude de Rio Janeiro, déterminée par l'observation de l'occultation d'Antarès, le 7 mai 1822; par M. **Tarkhanoff.** (1 sept. 1824.) p. 127—128.

Longitude du port Honorouro dans l'île de Wouhahou, déterminée par l'observation des occultations des étoiles β du Taureau et χ de la Vierge. Par M. **Tarkhanoff.** (4 mai 1825.) p. 495—499.

MÉCANIQUE.

Description d'un nouveau pantographe. Par George-Frédéric **Parrot.** (Avec une Planche gravée. 14 mars 1827.) p. 25—38.

Mémoire sur une nouvelle construction pour les mâts de vaisseaux. Par M. **Parrot.** Avec une Planche. (4 février 1829.) p. 153—180.

CHIMIE.

Mémoire sur les sels communs du gouvernement d'Irkoutsk. Par Germain **Hess.** (6 mai 1829.) p. 11—24.

Analyse de l'eau de la Néva. Par M. **Hess.** (27 janvier 1830.) p. 195—199.

Sur la décomposition de l'alcool par la potasse. Par M. **Hess.** (25 août 1830.) p. 469—473.

Sur la propriété que possède le platine très divisé d'opérer la combinaison de l'oxigène avec l'hydrogène et sur la densité du platine; par M. **Hess.** (Avec une Planche. 23 mars 1831.) p. 587—600.

PHYSIQUE.

Physikalische Beobachtungen, angestellt auf einer Reise um die Welt unter dem Commando des Capitains Otto von Kotzebue in den Jahren 1823, 1824, 1825 und 1826 von E. **Lenz.** (Avec cinq Planches gravées et une Table. 4 novembre 1829). p. 221—341.

Description théorique d'un Alkoomètre adapté aux eaux-de-vie normales de Russie. Par M. **Parrot.** Avec une Planche. (10 octobre 1827.) p. 417—453.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE (Géologie).

Considérations sur la température du globe terrestre. Par M. **Parrot.** (Avec une Planche. 5 mai 1830.) p. 501—562.

Considérations sur divers objets de géologie et de géognosie. Par M. **Parrot.** (6 avril 1831.) p. 657—698.

BOTANIQUE.

Graminum genera quaedam speciesque complures definitionibus novis illustravit C. B. **Trinius.** (2 sept. 1829.) p. 54—93.

Graminum genera quaedam speciesque complures definitionibus novis illustrare pergit C. B. **Trinius.** (28 avril 1830.) p. 353—416.

Essai monographique sur les espèces d'Eriocaulon du Brésil. Par M. **Bongard.** (Avec dix Planches lithographiées. 6 avril 1831.) p. 601—655.

ZOOLOGIE.

Beschreibung der Oikopleura, einer neuen Molluskengattung; vom Dr H. **Mertens.** (Avec deux Planches gravées et enluminées. 3 février 1830.) p. 205—220.

ANATOMIE.

Abnormitas quoad ortum et numerum quarundam arteriarum a P. **Zagorsky** observata. (30 mai 1827.) p. 201—204.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Mathématiques.

Solution du problème sur la propagation des ondes à la surface d'un liquide renfermé dans un vase ayant la forme d'un secteur cylindrique, annoncée par M. **Ostrogradsky**. (16 sept. 1829.) p. I.

Equation aux différences partielles relative à la propagation de la chaleur dans l'intérieur des liquides, annoncée par M. **Ostrogradsky**. (23 sept. 1829.) p. I—II.

Extrait d'une lettre de M. **Hansteen** contenant quelques positions géographiques de la Sibérie, communiquée par M. Kupffer. (30 sept. 1829.) p. II—III.

Chimie et Physique.

Extrait d'une lettre de M. **Berzelius** contenant des notices sur quelques minéraux de l'Oural, communiquée par M. Kupffer. p. III—IV.

Découverte du brome dans les eaux-mères des salines de Staraïa-Roussa, par M. **Hess**. p. IV.

Extrait d'une lettre de M. **Haüy** relativement à un tremblement de terre qui a eu lieu à Odessa le $\frac{14}{26}$ novembre 1829, communiquée par M. Fuss. p. IV—VIII.

Extrait d'une lettre de M. **Hansteen** sur la ligne sans déclinaison retrouvée par ce voyageur en Sibérie et sur quelques positions géographiques, communiquée par M. Kupffer. (10 févr. 1830.) p. VIII—IX.

Extrait d'une lettre de M. **Lütke** contenant le précis des résultats de ses observations du pendule, communiquée par M. Fuss. (19 avr. 1830.) p. XI—XV.

Note sur l'inclinaison magnétique à St.-Pétersbourg, par M. **Kupffer**. (5 mai 1830.) p. XV—XVI.

Notre relative à une aurore boréale, observée à St.-Pétersbourg, dans la nuit du 5 au 6 mai 1830; par M. **Kupffer**. (2 juin 1830.) p. XXI—XXV.

Boussole pour observer les variations de l'inclinaison magnétique, exécutée d'après l'idée de M. **Kupffer** par M. Gambey. (25 août 1830.) p. XXVI.

Note relative à un baromètre d'une nouvelle construction par M. **Kupffer**. (25 avr. 1830.) p. XXVI—XXVIII.

Extrait d'une lettre de M. le D^r **Erman** à M. Wisniewsky. (11 août 1830. Avec une carte gravée.) p. XXIX—XLV.

Observations magnétiques de M. **Hansteen**. (6 oct. 1830. Avec une carte gravée.) p. XLVI—LI.

Extrait d'une lettre de M. **Knorre** à M. Kupffer. (8 déc. 1830.) p. LIII—LV.

Biologie.

Note sur un Mammouth fossile, semblable à l'élephant actuel d'Afrique, par M. de **Baer**. p. XVI—XVIII.

Sur les larves de diverses espèces d'Oestrus, par M. **Hamel**. p. XVIII—XIX.

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques, physiques et naturelles, Tome II. St.-Pét. 1833. IV et 676 pag. (Avec 38 Planches.) Bulletin scientifique, LXXXIV pag. (Avec 2 Planches.) 6 roubl. 5 cop. arg. = 6 Thlr. 22 Ngr.

MATHÉMATIQUES.

Solution d'un problème général sur le développement des fonctions. Par M. **Collins**. (13 février 1828). p. 19—30.

Du retour des suites. Par M. **Collins**. (17 août 1831.) p. 31—65.

Du développement d'une fonction donnée suivant les puissances d'autres fonctions données. Par M. **Collins** Première partie. (5 octobre 1831.) p. 195—218.

Mémoire sur intégration des équations à différences partielles relatives aux petites vibrations des corps élastiques. Par M. **Ostrogradsky**. (27 juin 1832). p. 339—372.

Объ остаточныхъ сравненіяхъ третьей степени. Сочиненіе В. **Буняковскаго**. (12 sept. 1832.) p. 373—392.

Mémoire sur l'intégration des fractions rationelles; par **Ostrogradsky**. (22 mars 1833.) p. 569—593.

Suite du Mémoire sur l'intégration des fractions rationelles. Par **Ostrogradsky**. (23 août 1833.) p. 657—671.

ASTRONOMIE.

Vereinigung der beiden, in den Ostseeprovinzen und in Litthauen bearbeiteten Bogen der Russischen Breitengradmessung. Von F. G. W. **Struve**. (Avec une carte gravée. 24 oct. 1832.) p. 401—425.

Stellarum compositarum 37 insignium mensurae micrometricae per tubum magnum Fraunhoferianum in specula Dorpatensi institutae. Auctore F. G. W. **Struve**. (29 déc. 1832). p. 545—568.

MÉCANIQUE.

Du mouvement dans la machine d'Atwood en ayant égard à l'élasticité du fil. Par M. **Bouniakowsky**. (23 novembre 1831.) p. 179—185.

CHIMIE.

Sur l'existence d'un oxide cobaltoso-cobaltique. Par M. **Hess**. (27 juin 1832.) p. 393—400.

PHYSIQUE.

Ueber die Gesetze, nach welchen der Magnet auf eine Spirale einwirkt, wenn er ihr plötzlich genähert oder von ihr entfernt wird, und über die vortheilhafteste Construction der Spiralen zu magneto-electrischem Behufe. Von E. **Lenz**. (7 nov. 1832.) p. 427—457.

Expériences de forte compression sur divers corps; par M. **Parrot**, conjointement avec M. **Lenz** pour les observations. Avec deux Planches. (23 mai 1832). p. 595—630.

Ueber die Leitungsfähigkeiten der Metalle für die Electricität bei verschiedenen Temperaturen. Von E. **Lenz**. (7 juin 1833.) p. 631—655.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE.

Ueber die Veränderungen der Höhe, welche die Oberfläche des kaspischen Meeres bis zum April des Jahres 1830 erlitten hat. Von E. **Lenz**. (30 nov. 1831.) p. 67—102.

MINÉRALOGIE.

L'Hydroboracite, nouvelle espèce minérale; par M. **Hess**. (14 juin 1833.) p. 673—676.

ZOOLOGIE.

Untersuchungen über den innern Bau verschiedener in der See lebender Planarien. Von D^r **Mertens**. (Avec deux Planches gravées et enluminées. 27 janv. 1830.) p. 3—17.

Ueber den Zahnbau der Stellerschen Seekuh (Rytina Stelleri) nebst Bemerkungen zur Charakteristik der in zwei Unterfamilien zu zerfällenden Familie der pflanzenfressenden Cetaceen. Von J. F. **Brandt**. (Avec une Planche lithographiée. 25 janv. 1832.) p. 103—118.

De Solenodonte novo mammalium insectivororum genere. Auctore J. F. **Brandt**. (Avec deux Planches, dont une est enluminée. 19 déc. 1832.) p. 459—478.

Beobachtungen und Untersuchungen über die Beroeartigen Akalephen. Von H. **Mertens**. (Avec treize Planches gravées. 7 nov. 1832.) p. 479—543.

BOTANIQUE.

Observations sur la végétation de l'île de Sitcha. Par M. **Bongard**. (Avec six Planches lithographiées. 4 mai 1831.) p. 119—177.

Essai monographique sur les espèces d'ériocaulon du Brésil. Par M. **Bongard**. Suite I^re. (Planches XI—XIX. 18 janvier 1832.) p. 219—237.

Andropogineorum genera speciesque complures definitionibus novis illustravit C. B. **Trinius**. (25 avril 1832.) p. 239-337.

ANATOMIE.

Foetus humani monstrosi, alii bene formato foetui adnati descriptio. Exhibuit P. **Zagorsky**. (Avec deux Planches lithographiées. 1 juin 1831.) p. 187—194.*

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Mathématiques.

Note sur l'équilibre d'un fil élastique, par M. **Ostrogradsky**. (16 mai 1832). N° 4, p. I—II.

Observations astronomiques faites à l'Observatoire académique de Wilna en 1829 et 1830 n. s. N° 4, p. III—XIV.

Calcul du passage de Mercure observé à St.-Pétersbourg le 5 mai 1832, par M. **Tarkhanoff**. (24 mai 1833.) N° 6, p. IV—VI.

Note sur la relation que peuvent avoir entr'elles les intégrales des fonctions algébriques, par M. **Ostrogradsky**. (5 juillet 1833.) N° 6, p. VIII—XI.

Chimie et Physique.

Résumé des observations météorologiques faites à St.-Pétersbourg en 1830, à l'Observatoire de l'Académie des sciences, par MM. Wisniewsky et Tarkhanoff, et calculées par A.-T. **Kupffer**. (24 août 1831.) N° 1, p. I—V.

Note communiquée par M. **Kupffer**, sur la température et la hauteur barométrique moyenne d'Iloulouk, dans l'île d'Ounalachka. (7 sept. 1831.) N° 1, p. V—VIII.

Note communiquée par M. **Kupffer** sur la température et la hauteur barométrique moyenne de Sitka, sur la côte Nord-Ouest de l'Amérique. (7 sept. 1831.) N° 1, p. VIII—IX.

Note sur la température moyenne d'Irkoutsk, communiquée par M. **Kupffer**. (24 août 1831.) N° 2, p. I—IV.

Note sur la température moyenne de Nicolaïeff et de Sévastopol, communiquée par M. **Kupffer**. (19 oct. 1831.) N° 2, p. IV—X.

Sur la décomposition de l'hydrate de l'acide sulfurique par la chaleur, par M. **Hess**. (21 déc. 1831.) N° 3, p. I—II.

L'Ouvarovite, nouveau minéral; par M. **Hess**. (29 févr. 1832.) N. 3, p. II—III.

Rapport fait à l'Académie relativement à une lettre de M. Georges Fuss, datée de Troïzko-Savsk (près de Kiachta), le 23 septembre 1831; par A.-Th. **Kupffer**. (14 déc. 1831.) N° 3, p. III—VIII.

Vorschlag zur Construction eines Thermometers, welcher sich die Curve seines täglichen Steigens und Fallens selbst aufzeichnet. Von E. **Lenz**. (Avec une Planche. 11 janv. 1832. N° 3, p. VIII—X.

Extrait des observations météorologiques faites pendant les années 1829 et 1830 à l'Observatoire de Vilna. N° 4, p. XIII—XIV.

Fr. **Goebel**'s Experimentirtisch (Avec une planche. 27 févr. 1833.) N° 5, p. I—VI.

Anleitung, die Barometer vollkommen luft- und dampffrei zu erhalten; von Herrn Professor **Marx** in Braunschweig (6 mars 1833.) N° 5, p. VI—VIII.

Sur le traitement métallurgique de l'argent telluré de Kolyvan, par M. **Hess**. (24 mai 1833.) N° 6, p. I—III.

Biologie.

Ueber die Existenz von sechs Arten vorweltlicher Elephanten, die im Zahnbau dem asiatischen Elephanten ähneln, von J. Fr. **Brandt**. (26 oct. 1831.) N° 2, p. X—XV.

Bericht über eine Abhandlung: Versuch einer Anatomie und Physiologie des medizinischen Blutegels (Sanguisuga medicinalis); von Dr. **Brandt**. (20 févr. 1833.) N° 6, p. VI—VIII.

* *Depuis le Tome III^e ce recueil se subdivise en deux Parties, dont la première renferme les Mémoires de mathématiques et de physique, et la seconde ceux d'histoire naturelle.*

2. Mémoires de l'Académie, VI^e Série, Sciences mathématiques et physiques, Tome I—VII. (1838—1858.)

—

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques, physiques et naturelles, Tome III, Première partie. Sciences mathématiques et physiques. St.-Pétersbourg..... 1838.

Aussi sous le titre spécial:

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques et physiques, Tome I. St.-Pét. .. 1838. X et 600 pages in-4°. Bulletin scientifique, XXXVI pag. in-4°. (Avec 12 Planches.)
6 roubl. 5 cop. arg. = 6 Thlr. 22 Ngr.

MATHÉMATIQUES.

Прибавленіе къ разсужденію объ остаточныхъ сравненіяхъ третьей степени; сочиненіе В. **Буняковскаго.** (31 mai 1833.) p. 13—20.

Mémoire sur le calcul des variations des intégrales multiples, par M. **Ostrogradsky.** (24 janv. 1834.) p. 35—58.

Considérations générales sur les momens des forces. Par M. **Ostrogradsky.** (7 nov. 1834.) p. 129—150.

Объ алгебрическихъ интегралахъ въ разностяхъ раціональныхъ дробей; сочиненіе Виктора **Буняковскаго.** (19 juin 1835.) p. 205—223.

Sur les facultés numériques du second ordre. Par M. **Collins.** (8 mai 1835.) p. 225—232.

Note sur la méthode des approximations successives. Par M. **Ostrogradsky.** (11 sept. 1835.) p. 233—238.

Nouvelles recherches sur la théorie des puissances fonctionales. Par M. **Collins.** (2 oct. 1835.) p. 313—331.

Sur un cas singulier de l'équilibre des fluides incompressibles. Par M. **Ostrogradsky.** (19 févr. 1836.) p. 333—340.

Опредѣленіе вѣроятности, что уравненіе второй степени, съ цѣлыми коеффиціентами, взятое наудачу, имѣетъ корни вещественные; Б. **Буняковскаго.** (2 oct. 1835.) p. 341—351.

Sur l'équation relative à la propagation de la chaleur dans l'intérieur des liquides. Par M. **Ostrogradsky.** (8 avril 1836.) p. 353—357.

Tables des racines primitives pour tous les nombres premiers au dessous de 200, avec les tables pour trouver l'indice d'un nombre donné, et pour trouver le nombre d'après l'indice. Par M. **Ostrogradsky.** (22 avril 1836.) p. 359—383.

Sur la transformation des variables dans les intégrales multiples. Par M. **Ostrogradsky.** (Avec une Planche. 12 août 1836.) p. 401—407.

О приложеніи анализа вѣроятностей къ опредѣленію приближенныхъ величинъ трансцендентныхъ чиселъ. Разсужденіе I-е; В. **Буняковскаго.** (Avec une Planche gravée. 9 déc. 1836.) p. 457—467.

О приложеніи анализа вѣроятностей къ опредѣленію приближенныхъ величинъ трансцендентныхъ чиселъ. Разсужденіе II-е. В. **Буняковскаго.** (Avec une Planche gravée. (30 juin 1837.) p. 517—526.

Mémoire sur les déplacemens instantanés des systèmes assujettis à des conditions variables. Par M. **Ostrogradsky.** (20 avril 1838.) p. 565—600.

MÉCANIQUE.

Essai sur la théorie de la poussée des terres et des murs de revêtement. Par M. **Parrot.** Avec une Planche gravée. (22 déc. 1837.) p. 537—564.

CHIMIE.

Mémoire sur quelques produits pyrogénés. Par M. **Hess.** (16 oct. 1835.) p. 297—312.

(Deuxième) Mémoire sur quelques produits pyrogénés. Par M. **Hess.** (8 juillet 1836.) p. 389—400.

(Troisième) Mémoire sur quelques produits pyrogénés. Par M. **Hess.** (23 déc. 1837.) p. 528—535.

PHYSIQUE.

Ueber das optische Verhalten der weissen Naphta von Baku, von E. **Lenz.** (19 sept. 1832.) p. 3—12.

Ueber das Gesetz der Leitungsfähigkeit für Electricität bei Drähten von verschiedenen Längen und Durchmessern; von E. **Lenz.** (28 nov. 1834.) p. 187—204.

Le télégraphe basé en tous points sur les principes de la physique. Par M. **Parrot.** Avec 2 Planches. (19 sept. 1834.) p. 239—293.

Mémoire sur l'oxidation de la surface intérieure des tuyaux de fer fondu dans les conduites d'eau, et sur les tuyaux de fer comparés aux tuyaux de bois. Par M. **Parrot.** (Avec une Planche. 18 déc. 1835.) p. 409—437.

Ueber die Leitungsfähigkeit des Goldes, Blei's und Zinnes für die Electricität bei verschiedenen Temperaturen. Als Zusatz zu der in diesen Memoiren, Sciences mathém., phys. et nat. T. II. pag. 631 enthaltenen Abhandlung über die Leitungsfähigkeit 5 anderer Metalle. Von E. **Lenz.** (8 avril 1836.) p. 439—455.

Nouvelles expériences en faveur de la théorie chimique de l'électricité. Par M. **Parrot.** (16 juin 1837.) p. 487—516.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE.

Geographische, magnetische und hypsometrische Bestimmungen, abgeleitet aus Beobachtungen auf einer Reise, die in den Jahren 1830, 1831 und 1832 nach Sibirien und dem Chinesischen Reiche, auf Kosten der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, unternommen wurde; von G. von **Fuss.** (Avec trois Planches gravées.) p. 59—129.

Beobachtungen der Inclination und Intensität der Magnetnadel, angestellt auf einer Reise um die Welt auf dem Sloop Seniawin in den Jahren 1826, 1827, 1828 und 1829 vom Capitain Fr. B. Lütke. Berechnet und bearbeitet von E. **Lenz**. (12 oct. 1834.) p. 151—186.

Notice sur les aurores boréales. Par M. **Parrot**. (23 déc. 1836.) p. 469—486.

MINÉRALOGIE.

Notice sur les diamans de l'Oural. Par M. **Parrot**. Avec une planche gravée. (21 mars 1832.) p. 21—33.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Mathématiques.

Extrait d'un mémoire sur la probabilité des erreurs des tribunaux; par M. **Ostrogradsky**. (12 juin 1834.) N° 3, p. XIX—XXV.

Chimie et Physique.

Ueber die Kraft eines Magneten in Beziehung zur Kraft der einzelnen Magnete, aus welchen er zusammengesetzt ist. Von E. **Lenz**. (4 oct. 1833.) N° 1. p. I—IV.

Résumé des observations météorologiques, faites à St.-Pétersbourg en 1831, à l'observatoire de l'Académie des sciences, par MM. Wisniewsky et Tarkhanoff, et calculées par A. T. **Kupffer**. (20 sept. 1833.) N° 1, p. IV—VIII.

Résumé des observations météorologiques, faites à St.-Pétersbourg en 1832, à l'observatoire de l'Académie des sciences, par MM. Wisniewsky et Tarkhanoff, et calculées par M. **Spassky**, élève de l'institut pédagogique. (20 sept. 1833.) N° 1, p. VIII—XI.

Résumé des observations météorologiques exécutées à l'Académie des sciences de St.-Pétersbourg en 1833, par M. Wisniewsky, et calculées par M. **Spassky**. (20 sept. 1833.) N° 1, p. XII—XIV.

Beschreibung eines Stand-Heber-Barometers, von T. **Girgensohn**. (Avec une Planche. 31 oct. 1834.) N° 1, p. XIV—XVI.

Rapport de M. l'Académicien **Parrot** sur son second voyage au lac de Burtneck en 1835. (18 sept. 1835.) N° 3, p. XXV—XXXV

Biologie.

Ueber doppelleibige Missgeburten; von K. v. **Baer**. (3 juill. 1835.) N° 2, p. I—II.

Mémoires — — — Tome IV. — — 1841.

Aussi sous le titre spécial :

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques et physiques, Tome II. Avec 5 Planches. St.-Pét. 1841. VI et 674 pag. in-4°.
6 roubl. 5 cop. arg. = 6 Thlr. 22 Ngr.

MATHÉMATIQUES.

Mémoire sur les quadratures définies; par M. **Ostrogradsky**. (23 août 1839.) p. 309—336.

О правильныхъ многоугольникахъ вписанныхъ и описанныхъ около круга. Сочиненіе В. **Буняковскаго**. (16 nov. 1838.) p. 423—435.

Tables pour faciliter le calcul de la trajectoire que décrit un mobile dans un milieu résistant; par M. **Ostrogradsky**. (20 déc. 1839.) p. 437—445.

Nouveaux théorèmes relatifs à la distinction des nombres premiers et à la décomposition des entiers en facteurs; par V. **Bouniakowsky**. (14 juin 1839.) p. 447—469.

Mémoire sur l'irréductibilité de certaines formules irrationnelles, tant littérales que numériques; par V. **Bouniakowsky**. (9 oct. 1840.) p. 471—492.

ASTRONOMIE.

Additamentum in F. G. W. **Struve** mensuras micrometricas stellarum duplicium editas anno 1837, exhibens mensuras Dorpati annis 1837 et 1838 institutas. Adjecta est disquisitio de parallaxi annua stellae α Lyrae. (27 sept. 1839.) p. 337—358a.*
* Tiré à part. 1840. 45 cop. arg. — 15 Ngr.

PHYSIQUE.

Essai sur le procès de la végétation métallique et de la cristallisation, par M. **Parrot**. (Avec 5 Planches lithographiées. 10 oct. 1840.) p. 493—674.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE.

Observations météorologiques, faites à l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, de 1822 à 1835, et calculées par A. T. **Kupffer**. (16 sept. 1836.) p. 1—214.

Mémoire sur la température moyenne de plusieurs points de l'Empire de Russie (1re Partie); par A. T. **Kupffer**. (2 nov. 1838.) p. 215—307.

Ueber die Temperatur von 130 Quellen der Taurischen Halbinsel von **Koeppen**. (1 févr. 1839.) p. 383—421.

GÉOGRAPHIE.

Wege und Pfade des Taurischen Gebirges, von **Koeppen**. (21 déc. 1838.) p. 359—382.

Mémoires — — — Tome V. — — 1844.

Aussi sous le titre spécial :

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques et physiques, Tome III. St.-Pét. 1844. 622 pages. 6 roubl. 5 cop. arg. = 6 Thlr. 22 Ngr.

MATHÉMATIQUES.

Solution d'un problème de l'analyse de Diophante. Par V. **Bouniakowsky.** (21 mai 1841.) p. 1—16.

Note sur l'emploi du binome factoriel pour la résolution des congruences du premier degré, par V. **Bouniakowsky.** (4 mars 1842.) p. 287—295.

Solution d'un problème relatif à un genre particulier de combinaisons. Par V. **Bouniakowsky.** (23 sept. 1842.) p. 297—326.

ASTRONOMIE.

Bestimmung der Constante der Präcession, mit Berücksichtigung der eigenen Bewegung des Sonnensystems, von O. **Struve.** (19 nov. 1841.) p. 18—124.

Numerus constans nutationis ex ascensionibus rectis stellae polaris in specula Dorpatensi annis 1822 ad 1838 observatis deductus. Adjecta est disquisitio theoretica de formula nutationis. Auctore Christiano A. F. **Peters.** (10 déc. 1841.) p. 125—227.

Sur le coëfficient constant dans l'aberration des étoiles fixes, déduit des observations qui ont été exécutées à l'observatoire de Poulkova par l'instrument des passages de Repsold, établi dans le premier vertical. Par W. **Struve.** (3 mars 1843.) p. 229—285.

Bestimmung der Bahn des im Monat December 1839 entdeckten Cometen, nach den auf der Pulkowaer Sternwarte angestellten Beobachtungen, von C. A. F. **Peters** und Otto **Struve.** (16 déc. 1842.) p. 327—378.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE.

Observations météorologiques, faites à Arkhangel (lat. 64° 32′, long. 38° 4′ à l'est de Paris) et communiquées par M. **Kupffer.** (5 juin 1842.) p. 379—621.

Mémoires — — — Tome VI. — — 1850.

Aussi sous le titre spécial :

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques et physiques, Tome IV. St.-Pét. 1850. VI, 517 et 144 pag. (Avec 2 cartes et 3 Planches.) 6 roubl. 5 cop. arg. = 6 Thlr. 22 Ngr.

MATHÉMATIQUES.

Considérations sur les démonstrations principales de la théorie des parallèles; par V. **Bouniakowsky.** (Avec une Planche. 27 oct. 1843.) p. 87—107.

Solution d'un problème sur l'analyse des combinaisons, concernant la théorie des équations simultanées; par V. **Bouniakowsky.** (23 août 1844.) p. 109—127.

Nouvelle théorie des parallèles; par V. **Bouniakowsky.** (Avec une Planche. 12 déc. 1845.) p. 207—232.

Sur une application curieuse de l'analyse des probabilités à la détermination approximative des limites de la perte réelle en hommes qu'éprouve un corps d'armée pendant un combat; par V. **Bouniakowsky.** (20 févr. 1846.) p. 233—257.

Recherches sur différentes lois nouvelles, relatives à la somme des diviseurs des nombres; par V. **Bouniakowsky.** (11 févr. 1848.) p. 259—295.

Mémoire sur les équations différentielles, relatives au problème des isopérimètres; par M. **Ostrogradsky.** (17 nov. 1848.) p. 385—517.

ASTRONOMIE.

Resultate der, in den Jahren 1816 bis 1819 ausgeführten astronomisch-trigonometrischen Vermessungen Livlands; von W. **Struve.** (Avec deux cartes. 29 avril 1842.) p. 1—86.

Astronomische Ortsbestimmungen in der europaischen Türkei, in Kaukasien und Klein-Asien, nach den von den Officieren des Kaiserlichen Generalstabes in den Jahren 1828 bis 1832 angestellten astronomischen Beobachtungen; abgeleitet und zusammengestellt von F. G. W. **Struve.** (21 févr. 1845.) p. 129—205.

PHYSIQUE.

W. **Struve,** Sur la dilatation de la glace, d'après les expériences faites en 1845 et 1846 à l'Observatoire central de Poulkova, par MM. Schumacher, Pohrt et Moritz. (8 janv. 1847.) p. 297—(306) 384.*

* Ce Rapport est suivi des deux Mémoires suivants:

Versuche über die Ausdehnung des Eises, von C(hristian) A. von **Schumacher.** (Avec une Planche.) p. 307—357.

Der Ausdehnungs-Coefficient des Eises. Aus den Versuchen des Hrn. von Pohrt und aus eigenen Messungen abgeleitet von A. **Moritz.** p. 358—384.

* Tiré à part. 1848. 90 cop. arg. = 1 Thlr.

APPENDICE MÉTÉOROLOGIQUE.

Observations météorologiques, faites à Sitka, sur la côte N.O. de l'Amérique (latitude 57° 3′, longitude 222° 13′ à l'est de Paris), et calculées par A. T. **Kupffer.** (23 oct. 1846.) 144 pages.

Mémoires — — — Tome VII. — — 1853.

Aussi sous le titre spécial:

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques et physiques, Tome V. St.-Pét. 1853. VI et 548 pag. in-4°. (Avec deux Planches.) 6 roubl. 5 cop. arg. = 6 Thlr. 22 Ngr.

MATHÉMATIQUES.

Nouvelle méthode dans les recherches relatives aux formes quadratiques des nombres. Par V. **Bouniakowsky.** (7 déc. 1849.) p. 303—322.

ASTRONOMIE.

Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes. Par C. A. F. **Peters.** p. 1—180.

Untersuchung der Theilungsfehler des Ertelschen Verticalkreises der Pulkowaer Sternwarte, von C. A. F. **Peters.** p. 181—201.

Neue Reduction der Königsberger Declinationen 1820. Von W. **Döllen.** (17 déc. 1847.) p. 203—232.

De numero constante aberrationis et parallaxi annua stellae polaris ex ascensionibus rectis hujus stellae, quae in specula Pulcovensi annis 1842—1844 tubo culminatorio Erteliano observatae sunt, deductis. Auctore Daniele Georgio **Lindhagen.** (21 déc. 1849.) p. 323—356.

Détermination de la parallaxe de l'étoile Groombridge 1830. Par O. **Struve.** (15 févr. 1850.) p. 357—384.

Catalogue revu et corrigé des étoiles doubles et multiples découvertes à l'Observatoire central de Pulkova. Par O. **Struve.** p. 385—406.

Sur les dimensions des anneaux de Saturne. Par Otto **Struve.** (14 nov. 1851.) p. 439—475.

Positions du soleil, de la lune et des planètes observées à Dorpat depuis 1822 jusqu'en 1838, calculées par W. Struve et Liapounow. Mémoire de W. **Struve.** Latitude 58° 22′ 47″, 4, longitude 1^h 37^m 34^s à l'est de Paris. (19 nov. 1852.) p. 477—548.

GÉOGRAPHIE ASTRONOMIQUE.

Résultats géographiques du voyage en Perse, fait par le Capitaine Lemm, en 1838 et 1839. Mémoire de M. O. **Struve.** p. 407—426.

Supplément au Mémoire sur le voyage de M. Lemm en Perse; par Otto **Struve.** (30 mai 1851.) p. 427—438.

PHYSIQUE.

Recherches expérimentales sur l'élasticité des métaux; par A. **Kupffer.** Première partie. (Avec deux Planches. 1 déc. 1848.) p. 233—302.

Mémoires — — — Tome VIII. — — 1857.

Aussi sous le titre spécial:

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques et physiques, Tome VI. Avec 13 Planches. St.-Pét. 1857. VI et 568 pag. in-4°. 6 roubl. 25 cop. arg. = 6 Thlr. 28 Ngr.

MATHÉMATIQUES.

Sur l'intégration des différentielles qui contiennent une racine carrée d'un polynôme du troisième ou quatrième degré, par P. **Tchébychev.** (20 janv. 1854.) p. 203—232.*
* Tiré à part. 1854. 35 cop. arg. = 12 Ngr.

Mémoire sur la théorie générale de la percussion, par M. **Ostrogradsky.** (26 mai 1854.) p. 267—303.*
* Tiré à part. 1854. 45 cop. arg. = 15 Ngr.

Sur les diviseurs numériques invariables des fonctions rationnelles entières, par V. **Bouniakowsky.** (4 août 1854.) p. 305—329.*
* Tiré à part. 1854. 30 cop. arg. = 10 Ngr.

ASTRONOMIE.

Beobachtungen des Bielaschen Cometen im Jahre 1852, angestellt am grossen Refractor der Pulkowaer Sternwarte von Otto **Struve.** (Avec deux Planches lithographiées. 7 oct. 1853.) p. 131—156.*
* Tiré à part. 1854. 45 cop. arg. = 15 Ngr.

Вѣковыя возмущенія семи большихъ планетъ. Д. **Перевощикова.** (7 déc. 1855 et 7 nov. 1856.) p. 495—568.*
* Tiré à part. 1857. 90 cop. arg.

GÉOGRAPHIE ASTRONOMIQUE.

Expéditions chronométriques de 1845 et 1846. Par Otto **Struve.** Première partie: Expéditions chronométriques de 1845. (13 nov. 1849.) p. 1—130.*
* Tiré a part. 1 roubl. 45 cop. arg. = 1 Thlr. 18 Ngr.

Expéditions chronométriques — — — — — — —. Par Otto **Struve.** Seconde partie: Expédition chronométrique de 1846. (4 nov. 1853.) p. 157—202.*
* Tiré à part. 1854. 50 cop. arg. = 17 Ngr.

Positions géographiques déterminées en 1847 par le lieutenant-colonel Lemm dans le pays des Cosaques du Don. Mémoire de M. O. **Struve.** (Avec une Planche. 15 déc. 1848.) p. 233—265.*
* Tiré à part. 1855. 45 cop. arg. = 15 Ngr.

Positions géographiques déterminées en 1848 par le lieutenant-colonel Lemm dans le gouvernement de Novgorod. Mémoire de M. O. **Struve.** (28 mars 1851.) p. 331—356.*
* Tiré à part. 1855. 30 cop. arg. = 10 Ngr.

PHYSIQUE.

Ueber den Einfluss der Wärme auf die elastische Kraft der festen Körper und insbesondere der Metalle, von A. T. **Kupffer.** Eine von der Königl. Societät der Wissenschaften in Göttingen gekrönte Preisschrift. (3 déc. 1852.) p. 397—494.*
* Tiré à part. 1856. 1 roubl. 50 cop. arg. = 1 Thlr. 20 Ngr.

MINÉRALOGIE.

Ueber die Russischen Topase, von N. v. **Kokscharow.** Mit 10 lithographirten Tafeln. (7 déc. 1855.) p. 357—395.*
* Tiré à part. 1856. 1 roubl. 20 cop arg. = 1 Thlr. 10 Ngr.

Mémoires — — — Tome IX. — — 1858.

Aussi sous le titre spécial :

Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, Sixième Série, Sciences mathématiques et physiques, Tome VIIe et dernier. VI et 598 pag. in-4°. St.-Pét. 1858. Avec 37 Planches, la Table des matières et la Liste alphabétique des auteurs pour tous les volumes.

9 roubl. = 10 Thlr.

MATHÉMATIQUES.

Développements analytiques pour servir à compléter la théorie des Maxima et des Minima des fonctions à plusieurs variables indépendantes. Par V. **Bouniakowsky.** (13 févr. 1857.) p. 151—174.*

* Tiré à part. 1857. 30 cop. arg. = 10 Ngr.

Sur les questions de Minima qui se rattachent à la représentation approximative des fonctions. Par P. **Tchébychev.** (23 oct. 1857.) p. 199—291.*

* Tiré à part. 1858. 1 roubl. arg. = 1 Thlr. 3 Ngr.

ASTRONOMIE.

Вѣковыя возмущенія семи большихъ планетъ. **Д. Перевощикова.** (6 nov. 1857.) p. 337—358.*

* Tiré à part. 1857. 25 cop. arg.

CHIMIE.

Vergleichende chemische Untersuchungen der Wasser des caspischen Meeres, Urmia- und Van-See's. Von H. **Abich.** Nebst zwei Tafeln. (14 mars 1856.) p. 1—58.*

* Tiré à part. 1856. 1 roubl. arg. = 1 Thlr. 3 Ngr.

MINÉRALOGIE.

Ueber den russischen Phenakit. Von N. v. **Kokscharow.** Mit fünf lithographirten Tafeln. (30 janv. 1857.) p. 175—197.*

* Tiré à part. 1857. 75 cop. arg. = 25 Ngr.

GÉOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE.

Ueber das Steinsalz und seine geologische Stellung im russischen Armenien von H. **Abich.** Nebst eilf Tafeln. (14 déc. 1856.) p. 59—150.*

* Tiré à part. 1857. 2 roubl. 40 cop. arg. = 2 Thlr. 20 Ngr.

Geognostische Bemerkungen auf einer Reise in Schweden und Norwegen. Von G. v. **Helmersen.** Mit drei Tafeln. (28 nov. 1856.) p. 293—335.*

* Tiré à part. 1858. 75 cop. arg. = 25 Ngr.

Vergleichende Grundzüge der Geologie des Kaukasus, wie der armenischen und nordpersischen Gebirge; von H. **Abich.** Nebst acht Tafeln. (28 mai 1858.) p. 359^a—534^b.*

* Tiré à part. 1858. 2 roubl. arg = 2 Thlr. 6 Ngr.

Beiträge zur Paläontologie des asiatischen Russlands; von H. **Abich.** Nebst acht Tafeln. p. 535—577.*

* Tiré à part. 1858 90 cop. = 1 Thlr.

BOTANIQUE.

Plantas Abichianas in itineribus per Caucasum regionesque transcaucasias collectas, enumeravit A. **Bunge.** p. 579—598.*

* Tiré à part. 1858. 25 cop. arg. = 8 Ngr.

M. Abich.

Recherches chimiques comparatives sur les eaux de la mer Caspienne, ainsi que sur celles des lacs d'Ourmia et de Van (14 mars 1836). p. 15*)

Géologie du sel gemme de l'Arménie russe (14 déc. 1836). p. 16.

Géologie comparative du Caucase, ainsi que des montagnes d'Arménie et de la Perse septentrionale (28 mai 1838). p. 16.

Recherches sur la paléontologie de la Russie asiatique. p. 16.

V. *Bunge.* p. 16.

M. de Baer.

Note sur un mammouth fossile, semblable à l'élephant actuel d'Afrique (*B. sc.*) p. 3.

Sur la formation des monstres doubles (*B. sc.* 3 juillet 1835). p. 9.

M. Berzélius.

Extrait d'une lettre contenant des notices sur quelques minéraux de l'Oural (*B. sc.*) p. 3.

M. Bongard.

Essai monographique sur les espèces d'Ériocaulon du Brésil (6 avril 1831). p. 2.

Observations sur la végétation de l'île de Sitcha (4 mai 1831.) p. 5.

Essai monographique sur les espèces d'Ériocaulon du Brésil. Suite I^re^ (18 janvier 1832). p. 5.

M. Bouniakowski.

Recherches numériques (1 avril 1829). p. 1.

Sur les Maxima et les Minima des fonctions à deux variables (11 novembre 1829). p. 1.

Sur les congruences du second degré (24 novembre 1830). p. 1.

Sur les congruences du troisième degré (12 sept. 1832). p. 4.

Du mouvement dans la machine d'Atwood en ayant égard à l'élasticité du fil (23 novembre 1831). p. 4.

Supplément au Mémoire sur les congruences du troisième degré (13 mai 1833). p. 7.

Sur les intégrales finies des fractions rationnelles (19 juin 1835). p. 7.

Sur la probabilité qu'une équation du second degré, à coefficients entiers, positifs ou négatifs, prise au hasard, ait des racines réelles (2 oct. 1835). p. 7.

Sur la détermination de la valeur approximative des nombres transcendants, au moyen de l'analyse des probabilités; premier Mémoire (9 déc. 1836). p. 8

Sur la détermination de la valeur approximative des nombres transcendants, au moyen de l'analyse des probabilités; second Mémoire (30 juin 1837). p. 8.

Sur les polygones réguliers circonscrits au cercle et sur les polygones inscrits (16 nov. 1838). p. 10.

Nouveaux théorèmes relatifs à la distinction des nombres premiers et à la décomposition des entiers en facteurs (14 juin 1839). p. 10.

Mémoire sur l'irréductibilité de certaines formules irrationnelles, tant littérales que numériques (9 oct. 1840). p. 10.

Solution d'un problème de l'analyse de Diophante (21 mai 1841). p. 11.

Note sur l'emploi du binome factoriel pour la résolution des congruences du premier degré (4 mars 1842). p. 11.

Solution d'un problème relatif à un genre particulier de combinaisons (23 sept. 1842). p. 11.

Considérations sur les démonstrations principales de la théorie des parallèles (27 oct. 1843). p. 12.

Solution d'un problème sur l'analyse des combinaisons, concernant la théorie des équations simultanées (23 août 1844). p. 12.

Nouvelle théorie des parallèles (12 déc. 1845). p. 12.

Sur une application curieuse de l'analyse des probabilités à la détermination approximative des limites de la perte réelle en hommes qu'éprouve un corps d'armée pendant un combat (20 févr. 1846). p. 12.

Recherches sur différentes lois nouvelles, relatives à la somme des diviseurs des nombres (11 févr. 1848). p. 12.

Nouvelle méthode dans les recherches relatives aux formes quadratiques des nombres (7 déc. 1849). p. 13.

Sur les diviseurs numériques invariables des fonctions rationnelles entières (4 août 1854). p. 14.

Développements analytiques pour servir à compléter la théorie des Maxima et des Minima des fonctions à plusieurs variables indépendantes (13 févr. 1857). p. 15.

M. Brandt.

Sur la configuration des dents de la vache marine de Steller et sur la caractéristique des cétacés herbivores qui doivent désormais se subdiviser en deux familles distinctes (25 janv. 1832). p. 5.

Sur un nouveau genre de mammifères insectivores sous le nom de Solénodon (19 déc. 1832). p. 5.

Sur l'existence de six différentes espèces d'éléphants antédiluviens qui, dans leur forme et surtout dans la formation de leurs dents ont quelque ressemblance avec l'éléphant asiatique (*B. sc.* 26 oct. 1831). p. 6.

Rapport sur un mémoire intitulé: Essai anatomique et physiologique sur la sangsue médicinale (*B. sc.* 20 févr. 1833.) p. 6.

M. Bunge.

Description des plantes recueillies par M. Abich pendant ses voyages au Caucase et dans la Transcaucasie. p. 16.

M. Collins.

Théorèmes sur la différentiation des produits, dont les facteurs sont les termes consécutifs d'une série quelconque (29 mars 1826). p. 1.

Recherches générales sur la transformation des fonctions par substitution (4 octobre 1826). p. 1.

*) Les Numéros indiquent la page de l'Index.

Solution d'un problème de la théorie des fonctions analytiques (7 mars 1827). p. 1.

Du développement des fonctions en séries suivant les facultés numériques des variables (5 mai 1830). p. 1.

Note sur la démonstration d'un théorème d'analyse (12 janvier 1831). p. 1.

Solution d'un problème général sur le développement des fonctions (13 février 1828.) p. 4.

Du retour des suites (17 août 1831.) p. 4.

Du développement d'une fonction donnée suivant les puissances d'autres fonctions données. Première partie. (5 octobre 1831). p. 4.

Sur les facultés numériques du second ordre (8 mai 1835). p. 7.

Nouvelles recherches sur la théorie des puissances fonctionales (2 oct. 1835). p. 7.

M. Döllen.

Nouvelle réduction des déclinaisons de Königsberg pour 1820 (17 déc. 1847). p. 13.

M. Erman.

Extrait d'une lettre à M. Wisnievski (*B. sc.* 11 août 1830). p. 3.

M. G. Fuss.

Calcul des observations géographiques, magnétiques et hypsométriques, exécutées, de 1830 à 1832, dans un voyage en Chine et en Sibérie. p. 8.

V. *Kupffer*. p. 6.

M. Gambey.

V. *Kupffer*.

M. Girgensohn.

Description d'un baromètre stationnaire (*B. sc.* 31 oct. 1834). p. 9.

M. Göbel.

Description d'une table propre aux travaux des chimistes (*B.* sc. 27 févr. 1833). p. 6.

M. Hamel.

Sur les larves de diverses espèces d'Oestrus (*B. sc.*) p. 3.

M. Hansteen.

Extrait d'une lettre contenant quelques positions géographiques de la Sibérie (*B. sc.* 30 sept. 1829). p. 3.

Extrait d'une lettre sur la ligne sans déclinaison retrouvée par ce voyageur en Sibérie et sur quelques positions géographiques (*B. sc.* 10 févr. 1830). p. 3.

Observations magnétiques (*B. sc.* 6 oct. 1830). p. 3.

M. Haüy.

Extrait d'une lettre relativement à un tremblement de terre qui a eu lieu à Odessa le $\frac{14}{26}$ novembre 1829 (*B. sc.*) p. 3.

M. de Helmersen.

Observations géologiques, faites durant un voyage en Suède et en Norvége (28 nov. 1836). p. 16.

M. Hess.

Mémoire sur les sels communs du gouvernement d'Irkoutsk (6 mai 1829). p. 2.

Analyse de l'eau de la Néva (27 janvier 1830). p. 2.

Sur la décomposition de l'alcool par la potasse (25 août 1830). p. 2.

Sur la propriété que possède le platine très divisé d'opérer la combinaison de l'oxigène avec l'hydrogène et sur la densité du platine (23 mars 1831). p. 2.

Découverte du brome dans les eaux-mères des salines de Staraïa-Roussa (*B. sc.*) p. 3.

Sur l'existence d'un oxide cobaltoso-cobaltique (27 juin 1832). p. 4.

L'Hydroboracite, nouvelle espèce minérale(14 juin 1833). p. 5.

Sur la décomposition de l'hydrate de l'acide sulfurique par la chaleur (21 déc. 1831). p. 6.

L'Ouvarovite, nouveau minéral (*B. sc.* 29 févr. 1832). p. 6.

Sur le traitement métallurgique de l'argent telluré de Kolyvan (*B. sc.* 24 mai 1833). p. 6.

Mémoire sur quelques produits pyrogénés (16 oct. 1835). p. 8.

Deuxième) Mémoire sur quelques produits pyrogénés (8 juillet 1836). p. 8.

(Troisième) Mémoire sur quelques produits pyrogénés (23 déc. 1837). p. 8.

M. Knorre.

Extrait d'une lettre à M. Kupffer. (*B. sc.* 8 déc. 1830.) p. 3.

M. de Koeppen.

Sur la température de 130 sources dans la péninsule de Tauride (1 févr. 1839). p. 10.

Chemins et passages dans la Tauride (21 déc. 1838). p. 10.

M. de Kokcharof.

Sur les topazes de Russie (7 déc. 1855). p. 14.

Sur le phénakite de Russie (30 janv. 1857). p. 16.

M. Kupffer.

Note sur l'inclinaison magnétique à St.-Pétersbourg (*B. sc.* 5 mai 1830). p. 3.

Notre relative à une aurore boréale, observée à St.-Pétersbourg, dans la nuit du 5 au 6 mai 1830 (*B. sc.* 2 juin 1830.) p. 3.

Boussole pour observer les variations de l'inclinaison magnétique, exécutée par M. Gambey (*B. sc.* 25 août 1830). p. 3.

Note relative à un baromètre d'une nouvelle construction (*B. sc.* 25 avr. 1830). p. 3.

Résumé des observations météorologiques faites à St.-Pétersbourg en 1830, à l'Observatoire de l'Académie des sciences, par MM. Wisniewsky et Tarkhanoff (*B. sc.* 24 août 1831). p. 6.

Note sur la température et la hauteur barométrique moyenne d'Iloulouk, dans l'île d'Ounalachka (*B. sc.* 7 sept. 1831). p. 6.

Note sur la température et la hauteur barométrique moyenne de Sitka, sur la côte Nord-Ouest de l'Amérique (*B. sc.* 7 sept. 1831). p. 6.

Note sur la température moyenne d'Irkoutsk (*B. sc.* 24 août 1831). p. 6.

Note sur la température moyenne de Nicolaïeff et de Sévastopol (*B. sc.* 19 oct. 1831). p. 6.

Rapport fait à l'Académie relativement à une lettre de M. Georges Fuss, datée de Troïzko-Savsk (près de Kiakhta), le 23 septembre 1831 (*B. sc.* 14 déc. 1831). p. 6.

Résumé des observations météorologiques, faites à St.-Pétersbourg en 1831, à l'observatoire de l'Académie des sciences, par MM. Wisniewsky et Tarkhanoff (*B. sc.* 20 sept. 1833). p. 9.

Observations météorologiques, faites à l'Académie Impériale des sciences de St.-Pétersbourg, de 1822 à 1835 (16 sept. 1836). p. 10.

Mémoire sur la température moyenne de plusieurs points de l'Empire de Russie (1re Partie 2 nov. 1838). p. 10.

Observations météorologiques, faites à Arkhangel (5 juin 1842). p. 11.

Observations météorologiques, faites à Sitka, sur la côte N. O. de l'Amérique (23 oct. 1846). p. 12.

Recherches expérimentales sur l'élasticité des métaux; par A. Kupffer. Première partie (1 déc. 1848). p. 13.

De l'influence de la chaleur sur l'élasticité des corps solides et particulièrement des métaux (3 déc. 1852.) p. 14.

M. Lemm.

V. *O. Struve.* p. 13.

M. Lenz.

Observations physiques, faites pendant le voyage autour du monde, exécuté sous le commandement du capitaine Otto de Kotzebue, dans les années 1823 à 1826 (4 nov. 1829). p. 2.

Sur les lois d'après lesquelles l'aimant agit sur une spirale dont on l'approche ou l'éloigne subitement, ainsi que sur la construction la plus avantageuse des spirales qui doivent servir aux expériences magnéto-électriques (7 nov. 1832). p. 4.

V. *Parrot.* p. 4.

Sur la faculté conductrice des métaux, par rapport à l'électricité, à differentes températures (7 juin 1833). p. 4.

Recherches sur la crue et la baisse des eaux de la mer Caspienne jusqu'au mois d'avril 1830 (30 nov. 1831). p. 5.

Projet relatif à la construction d'un thermomètre propre à tracer par lui-même la courbe journalière de ses hausses et de ses baisses (*B. sc.* 11 janv. 1832). p. 6.

Sur les qualités optiques de la naphte blanche de Bakou (19 sept. 1832). p. 8.

Sur la loi de la conductibilité électrique des fils d'archal de longueur et de diamètre différents (28 nov. 1834). p. 8.

Sur la loi de la conductibilité électrique de l'or, du plomb et de l'étain, à différents états de température (8 avr. 1836). p. 8.

Calcul des observations sur l'inclinaison et l'intensité de l'aiguille aimantée, exécutées par M. Lütke dans son voyage autour du monde pendant les années 1826 à 1829 (12 oct. 1834). p. 9.

Sur la force attractive d'un aimant artificiel composé, par rapport à celle de ses éléments (4 oct. 1833). p. 9.

M. Liapounof.

V. *W. Struve.* p. 13.

M. Lindhagen.

Le coëfficient constant de l'aberration et la parallaxe de la polaire, déduits des ascensions droites de cette étoile, observées à l'Observatoire de Poulkova, dans les années 1842 à 1844, au grand instrument des passages l'Ertel (21 déc. 1849). p. 13.

M. Lütke.

Extrait d'une lettre contenant le précis des résultats de ses observations du pendule (*B. sc.* 19 avr. 1830.) p. 3.

V. *Lenz.* p. 9.

M. Marx.

Description d'une méthode pour enlever jusqu'à la dernière trace d'air et de vapeurs aqueuses dans les tubes barométriques (*B. sc.* 6 mars 1833). p. 6.

M. Mertens.

Description de l'Oïkopleura, nouvelle espèce de mollusques (3 févr. 1830). p. 2.

Recherches sur l'anatomie de différentes espèces de Planaires marins (27 janv. 1830). p. 5.

Observations et recherches sur les Acalephes Béroïdées (7 nov. 1832). p. 5.

M. Moritz.

Le coëfficient de la dilatation de la glace, déduit des expériences de M. Pohrt etc. (8 janv. 1847). p. 12.

M. Ostrogradski.

Note sur une intégrale, qui se rencontre dans le calcul de l'attraction des sphéroïdes. (2 juillet 1828). p. 1.

Note sur la variation des constantes arbitraires dans les problèmes de mécanique (2 décembre 1829). p. 1.

Note sur les intégrales définies (29 octobre 1828). p. 1.

Note sur la théorie de la chaleur (5 novembre 1828). p. 1.

Deuxième note sur la théorie de la chaleur (8 juillet 1828). p. 1.

Sur l'intégration des équations à différences partielles, relatives aux petites vibrations d'un milieu élastique (10 juin 1829). p. 1.

Solution du problème sur la propagation des ondes à la surface d'un liquide renfermé dans un vase ayant la forme d'un secteur cylindrique (*B. sc.* 16 sept. 1829). p. 3.

Equation aux différences partielles relative à la propagation de la chaleur dans l'intérieur des liquides (*B. sc.* 23 sept. 1829). p. 3.

Mémoire sur l'intégration des équations à différences partielles relatives aux petites vibrations des corps élastiques (27 juin 1832). p. 4.

Mémoire sur l'intégration des fractions rationnelles (22 mars 1833.) p. 4.

Suite du Mémoire sur l'intégration des fractions rationnelles (23 août 1833.) p. 4.

Note sur l'équilibre d'un fil élastique (*B. sc.* 16 mai 1832). p. 5.

Note sur la relation que peuvent avoir entr'elles les intégrales des fonctions algébriques (*B. sc.* 5 juillet 1833). p. 6.

Mémoire sur le calcul des variations des intégrales multiples (24 janv. 1834). p. 7.

Considérations générales sur les momens des forces (7 nov. 1834). p. 7.

Note sur la méthode des approximations successives (11 sept. 1835). p. 7.

Sur un cas singulier de l'équilibre des fluides incompressibles (19 févr. 1836). p. 7

Sur l'équation relative à la propagation de la chaleur dans l'intérieur des liquides (8 avril 1836). p 7.

Tables des racines primitives pour tous les nombres premiers au dessous de 200, avec les tables pour trouver l'indice d'un nombre donné, et pour trouver le nombre d'après l'indice (22 avril 1836). p. 7.

Sur la transformation des variables dans les integrales multiples (12 août 1836). p. 8.

Mémoire sur les déplacemens instantanés des systèmes assujettis à des conditions variables (20 avril 1838). p. 8.

Extrait d'un mémoire sur la probabilité des erreurs des tribunaux (*B. sc.* 12 juin 1834). p. 9.

Mémoire sur les quadratures définies (23 août 1839). p. 10.

Tables pour faciliter le calcul de la trajectoire que décrit un mobile dans un milieu résistant (20 déc. 1839.) p. 10.

Mémoire sur les équations différentielles, relatives au problème des isopérimètres (17 nov. 1848). p. 12.

Mémoire sur la théorie générale de la percussion (26 mai 1854). p. 14.

M. Parrot.

Description d'un nouveau pantographe (14 mars 1827). p. 2.

Mémoire sur une nouvelle construction pour les mâts de vaisseaux (4 février 1829). p. 2.

Description théorique d'un Alkoolomètre adapté aux eaux-de-vie normales de Russie (10 octobre 1827). p. 2.

Considérations sur la température du globe terrestre (5 mai 1830). p. 2.

Considérations sur divers objets de géologie et de géognosie (6 avril 1831). p. 2.

Expériences de forte compression sur divers corps (23 mai 1832). p. 4.

Essai sur la théorie de la poussée des terres et des murs de revêtement (22 déc. 1837). p. 8.

Le télégraphe basé en tous points sur les principes de la physique (19 sept. 1834). p. 8.

Mémoire sur l'oxidation de la surface intérieure des tuyaux de fer fondu dans les conduites d'eau, et sur les tuyaux de fer comparés aux tuyaux de bois (18 déc. 1835). p. 8.

Nouvelles expériences en faveur de la théorie chimique de l'électricité (16 juin 1837). p. 8.

Notice sur les aurores boréales (23 déc. 1836). p. 9.

Notice sur les diamans de l'Oural (21 mars 1832). p. 9.

Rapport sur son second voyage au lac de Burtneck en 1835 (*B. sc.* 18 sept. 1835). p. 9.

Essai sur le procès de la végétation métallique et de la cristallisation 10 oct. 1840). p. 10.

M. Pérévochtchikof.

Perturbations séculaires des sept grandes planètes; premier et deuxième articles (7 déc. 1855 et 7 nov. 1856) p. 14.

Perturbations séculaires des sept grandes planètes; troisième article (6 nov. 1857). p. 15.

M. Peters.

La constante de la nutation, déduite des ascensions droites de la polaire, observées à Dorpat, dans les années 1822 à 1838. Avec un appendice contenant des recherches théoriques sur la formule de la nutation (10 déc. 1841). p. 11.

Détermination de l'orbite de la comète découverte, au mois de décembre 1839, d'après les observations faites à Poulkova (16 déc. 1842). p. 11.

Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes. p. 13.

Examen des erreurs de division dans le cercle vertical d'Ertel de l'Observatoire de Poulkova. p. 13.

M. Pohrt.

V. *Moritz*. p. 12.

M. Schumacher.

Sur la dilatation de la glace (8 janv. 1847). p. 12.

(M. Slawinski.)

Observations astronomiques faites à l'Observatoire académique de Wilna en 1829 et 1830 n. s. (*B. sc.*) p. 5.

Extrait des observations météorologiques faites pendant les années 1829 et 1830 à l'Observatoire de Vilna. (*B. sc.*) p. 6.

M. Spasski.

Résumé des observations météorologiques, faites à St.-Pétersbourg en 1832, à l'Observatoire de l'Académie des sciences, par MM. Wis iewsky et Tarkhanoff (*B. sc.* 20 sept. 1833). p. 9.

Résumé des observations météorologiques exécutées à l'Académie des sciences de St.-Pétersbourg en 1833. par M. Wisniewsky (*B. sc.* 20 sept. 1833). p. 9.

M. O. Struve.

L'évaluation de la précession des équinoxes, eu égard au mouvement propre du système solaire (19 nov. 1841). p. 11.

Détermination de l'orbite de la comète découverte, au mois de décembre 1839, d'après les observations faites à Poulkova (16 déc. 1842). p. 11.

Détermination de la parallaxe de l'étoile Groombridge 1830 (15 févr. 1850). p. 13.

Catalogue revu et corrigé des étoiles doubles et multiples découvertes à l'Observatoire central de Poulkova. p. 13.

Sur les dimensions des anneaux de Saturne (14 nov. 1851). p. 13.

Résultats géographiques du voyage en Perse, fait par le capitaine Lemm, en 1838 et 1839. p. 13.

Supplément au Mémoire sur le voyage de M. Lemm en Perse (30 mai 1851). p. 13.

Observations de la comète de Biéla, exécutées, en 1852, au moyen du grand réfracteur de l'Observatoire de Poulkova (7 oct. 1853). p. 14.

Expéditions chronométriques de 1845 et 1846. Première partie: Expéditions chronométriques de 1845 (13 nov. 1849). p. 14.

Expéditions chronométriques — — — — — — — Seconde partie: Expédition chronométrique de 1846 (4 nov. 1853). p. 14.

Positions géographiques déterminées en 1847 par le lieutenant-colonel Lemm dans le pays des Cosaques du Don (15 déc. 1848). p. 14.

Positions géographiques déterminées en 1848 par le lieutenant-colonel Lemm dans le gouvernement de Novgorod (28 mars 1851). p. 14.

M. W. **Struve.**

Sur la jonction des deux arcs de méridien mesurés dans les provinces baltiques et en Lithuanie (24 oct. 1832). p. 4.

Mesures micrométriques de 37 étoiles composées, exécutées au moyen de la grande lunette de Fraunhofer à l'Observatoire de Dorpat (29 déc. 1832). p. 4.

Supplément à l'ouvrage publié, en 1837, sur les mesuses micrométriques des étoiles composées; avec un appendice contenant la détermination de la parallaxe de l'étoile α de la Lyre (27 sept. 1839). p. 10.

Sur le coëfficient constant dans l'aberration des étoiles fixes, déduit des observations qui ont été exécutées à l'Observatoire de Poulkova par l'instrument des passages de Repsold, établi dans le premier vertical (3 mars 1843). p. 11.

Résultats de la levée astronomico-trigonométrique de la Livonie, exécutée de 1816 à 1819 (29 avr. 1842). p. 12.

Positions géographiques, déterminées dans la Turquie européenne, dans la Caucasie et l'Asie-Mineure, par les officiers de l'État-Major Impérial, dans les années 1828—1832 (21 févr. 1845). p. 12.

Sur la dilatation de la glace, d'après les expériences faites en 1845 et 1846 à l'Observatoire central de Poulkova, par MM. Schumacher, Pohrt et Moritz (8 janv. 1847). p. 12.

Positions du soleil, de la lune et des planètes observées à Dorpat depuis 1822 jusqu'en 1838, calculées par W. Struve et Liapounow (19 nov. 1852). p. 13.

M. **Tarkhanof.**

Calcul des oppositions de Jupiter et de Saturne, observées à St.-Pétersbourg en 1818 (9 juillet 1823). p. 1.

Longitude de Rio Janeiro, déterminée par l'observation de l'occultation d'Antarès, le 7 mai 1822 (1 sept. 1824). p. 2.

Longitude du port Honorouro dans l'île de Wouhahou, déterminée par l'observation des occultations des étoiles β du Taureau et χ de la Vierge (4 mai 1825). p. 2.

Calcul du passage de Mercure observé à St.-Pétersbourg le 5 mai 1832 (*B. sc.* 24 mai 1833). p. 5.

V. *Kupffer*. p. 6.

V. *Kupffer* et *Spasski*. p. 9.

M. **Tchébychef.**

Sur l'intégration des différentielles qui contiennent une racine carrée d'un polynôme du troisième ou quatrième degré (20 janv. 1854). p. 14.

Sur les questions de Minima qui se rattachent à la représentation approximative des fonctions (23 oct. 1857). p. 15.

M. **Trinius.**

Nouvelles définitions de plusieurs genres et espèces de graminées (2 sept. 1829). p. 2.

Suite des nouvelles définitions — — — — (28 avril 1830). p. 2.

Nouvelles définitions de plusieurs genres et espèces des Andropoginées (25 avril 1832). p. 5.

M. **Wisniewski.**

V. *Kupffer*. p. 6.

V. *Kupffer* et *Spasski*. p. 9.

M. **Zagorski.**

Observations anatomiques sur l'abnormité de quelques artères à l'égard de leurs origine et nombre (30 mai 1827). p. 3.

Description d'un foetus humain monstrueux, joint à un autre foetus de configuration normale (1 juin 1831). p. 5.

F 1092

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01769 8432